



Návrh objektivního parametru pro predikci subjektivního hodnocení hladkosti textilií

Diplomová práce

Studijní program: N3957 – Průmyslové inženýrství
Studijní obor: 3901T073 – Produktové inženýrství
Autor práce: **Bc. Veronika Kaválková**
Vedoucí práce: doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.





Design of an Objective Parameter for Prediction of Subjective Evaluation of Textile Smoothness

Master thesis

Study programme: N3957 – Industrial Engineering
Study branch: 3901T073 – Product Engineering
Author: **Bc. Veronika Kaválková**
Supervisor: doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.



Technická univerzita v Liberci

Fakulta textilní

Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Veronika Kaválková**

Osobní číslo: **T16000104**

Studijní program: **N3957 Průmyslové inženýrství**

Studijní obor: **Produktové inženýrství**

Název tématu: **Návrh objektivního parametru pro predikci subjektivního
hodnocení hladkosti textilií**

Zadávací katedra: **Katedra hodnocení textilií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

- 1) Provedte rešerši na téma vyhodnocování povrchu.
- 2) Na základě rešerše navrhnete experiment a charakteristiky, které budete vyhodnocovat.
- 3) Na základě analýzy navrhnete parametr, který umožňuje případnou predikci subjektivního hodnocení hladkosti.



Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 50 - 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

BUMBÁLEK, B., V. ODVODY a B. OŠŤÁDAL. Drsnost povrchu. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989.

MILITKÝ, J. a V. BAJZÍK. Surface roughness of heat protective clothing textiles. International Journal of Clothing Science and Technology. 2003, 15(3), 258-267

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.

Katedra hodnocení textilií

Datum zadání diplomové práce: 29. března 2017

Termín odevzdání diplomové práce: 4. května 2018



Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka



doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 21. března 2018

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé závěrečné práce doc. Ing. Vladimíru Bajzíkovi, Ph.D. za ochotu, cenné rady a připomínky při psaní práce. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Petru Štočkovi za poskytnutí vzorků pro testování a cenné rady při zpracování této práce. Také bych chtěla poděkovat mé rodině, která mi byla oporou po celou dobu studia.

Anotace

Tato práce se zabývá hodnocením povrchové drsnosti textilií a hledáním objektivního parametru drsnosti, který by nahradil subjektivní hodnocení drsnosti textilií. V této práci byla zjišťována závislost mezi subjektivním hodnocením drsnosti textilií a parametry objektivního hodnocení drsnosti měřených na přístroji Talysurf CLI 500. Na základě zjištěné závislosti byl vyhodnocen objektivní parametr, který nejlépe predikuje subjektivní hodnocení povrchové drsnosti textilií.

Klíčová slova

Povrchová drsnost, Talysurf, korelační analýza, subjektivní hodnocení.

Annotation

This thesis is focused on evaluation of surface roughness of textiles and on finding objective parameter of roughness, which can be used for replacement of subjective evaluation of surface roughness of textiles. For evaluation of objective parameters of surface roughness was used Talysurf CLI 500. There was detected the dependence between the subjective and the objective values of surface roughness of textiles in this thesis. The evaluation of objective parameter, which is the best for prediction of subjective evaluation of surface roughness of textiles, is based on dependence found.

Key words

Surface roughness, Talysurf, correlation analysis, subjective evaluation.

Obsah

Seznam použitých zkratk	9
Seznam použitých symbolů	10
Úvod	11
1 Přehled současné situace predikce drsnosti povrchů	12
2 Drsnost povrchů	17
2.1 Obecné termíny drsnosti	18
2.2 Normalizované charakteristiky drsnosti povrchu	22
2.2.1 Výškové parametry	23
2.2.2 Délkové parametry	27
2.2.3 Tvarové parametry	28
2.3 Drsnost textilií	30
2.4 Hodnocení drsnosti povrchu	31
2.4.1 Subjektivní kontaktní metoda hodnocení drsnosti povrchu textilií	31
2.4.2 Objektivní metody hodnocení drsnosti povrchu textilií	33
3 Pleteniny	39
3.1 Základní pojmy	39
3.2 Základní rozdělení pletenin	40
3.3 Výroba pletenin	42
3.4 Vlastnosti pletenin	43
4 Tkaniny	43
4.1 Základní pojmy	43
4.2 Vazby tkanin	45
4.3 Dělení tkanin	46
4.4 Výroba tkanin	47
4.5 Vlastnosti tkanin	49
5 Textilní vzorky použité pro experimentální část	50
6 Subjektivní hodnocení drsnosti textilií	53
6.1 Vyhodnocení subjektivního hodnocení drsnosti	54
6.2 Diskuze k výsledkům subjektivního hodnocení	58
7 Objektivní hodnocení drsnosti povrchu textilií	60
7.1 Měření na přístroji Talysurf CLI 500	60
7.1.1 Volba základních parametrů měření	61

7.1.2	Postup měření	61
7.1.3	Vyhodnocení v programu Talymap	63
7.2	Výsledky měření na přístroji Talysurf CLI 500	66
7.2.1	Skupina vyhodnocení A	68
7.2.2	Skupina vyhodnocení B	69
7.2.3	Skupina vyhodnocení C	71
7.3	Testování rozdílnosti souborů dat A, B a C	73
8	Závislost mezi subjektivním a objektivním hodnocením	74
8.1	Ověření normality dat	74
8.1.1	Ověření normality pomocí Q-Q grafu	74
8.1.2	Ověření normality pomocí histogramu	75
8.2	Korelační analýza	76
	Závěr	82
	Zdroje	84
	Seznam obrázků	88
	Seznam tabulek	90
	Seznam Příloh	91

Seznam použitých zkratk

KES	Kawabata Evaluating Systém
ANN	Artifical Neural Network
RBF	Radial Basis Function
CNC	Computer Numerical Control
GEP	Global Energy Perspective
RSM	Response Surface Methodology
ANOVA	Analýza rozptylu (Analyses of Variance)
MATLAB	počítačový program (Matrix Laboratory)
PSO	Particle Swarm Optimalization
obr.	obrázek
resp.	respektive
ČSN EN ISO	Česká státní norma
min	minimum
μm	mikrometr
μm^2	mikrometr čtverečný
mm	milimetr
2D	dvoudimenzionální rozměr
3D	rozměr o třech dimenzích
FT	fakulta textilní
THV	total hand value
atd.	a tak dále
např.	například
KTM	katedra textilních materiálů
TUL	Technická univerzita v Liberci
CCD	charge coupled device
UNI HF	hydrofobní úprava
UNI NOFLAM	nehořlavá úprava
IS	interval spolehlivosti
Σ	suma

Seznam použitých symbolů

Symbol	Popis	Jednotky
Pp, Rp, Wp	Největší výška výstupku profilu	[μm]
Pv, Rv, Wv	Největší hloubka prohlubně profilu	[μm]
Pz, Rz, Wz	Největší výška profilu	[μm]
Pc, Rc, Wc	Průměrná výška prvků profilu	[μm]
Pt, Rt, Wt	Celková výška profilu	[μm]
Pa, Ra, Wa, MAD	Průměrná aritmetická odchylka posuzovaného profilu	[μm]
Pq, Rq, Wq, SD	Průměrná kvadratická odchylka posuzovaného profilu	[μm]
Psk, Rsk, Wsk	Šikmost posuzovaného profilu	[-]
Pku, Rku, Wku	Špičatost posuzovaného profilu	[-]
PSm, RSm, WSm	Průměrná šířka prvků profilu	[mm]
PPc, RPc, WPc	Výsledný počet výstupků	[1/mm]
P Δ q, R Δ q, W Δ q	Průměrný kvadratický sklon posuzovaného profilu	[°]
Pmr(c), Rmr(c), Wmr(c)	Materiálový poměr profilu (nosný podíl)	[%]
Pmr, Rmr, Wmr	Vzájemný materiálový poměr	[%]
P δ c, R δ c, W δ c	Rozdíl výšky úseku profilu	[μm]
Me	Mediánová kategorie	[-]
F _j	Kumulativní četnost	[-]
f _j	Relativní četnost j-té vlastnosti	[-]
Mh	Výběrový medián	[-]
d	Opravný koeficient pro výpočet spodní hodnoty intervalu spolehlivosti populačního mediánu ordinální škály	[-]
D	Třída D pro výpočet spodní hodnoty intervalu spolehlivosti populačního mediánu ordinální škály	[-]
h	Opravný koeficient pro výpočet horní hodnoty intervalu spolehlivosti populačního mediánu ordinální škály	[-]
H	Třída H pro výpočet horní hodnoty intervalu spolehlivosti populačního mediánu ordinální škály	[-]
$\chi^2(\alpha)$	Kritická hodnota Kruskal-Wallisova testu na hladině α	[-]
α	Hladina významnosti	[-],[%]

Úvod

Drsnost textilií je důležitou vlastností ovlivňující omak textilií. Měření drsnosti může být provedeno dvěma metodami, a to metodou subjektivního hodnocení a metodou objektivního hodnocení. Cílem této práce je zjistit objektivně zjištěný parametr, který nejlépe vystihuje subjektivní hodnocení drsnosti textilií. Tato práce je zaměřena za závislost mezi subjektivním a objektivním hodnocením drsnosti textilií bez ohledu na jejich konstrukci.

Nejstarším způsobem hodnocení drsnosti povrchu je subjektivní metoda, zraková a hmatová. Subjektivní metoda je založena na hodnocení povrchu vybranými hodnotiteli. Objektivní metoda měření drsnosti povrchu spočívá v použití určité měřicí techniky pracující na několika principech, jako je laserové snímání apod. Objektivní měření lze provádět dvěma metodami, a to kontaktní a bezkontaktní.

V této práci bude použito jak subjektivní, tak objektivní hodnocení povrchové drsnosti textilií. Při subjektivním hodnocení drsnosti budou vzorky předkládány před hodnotitele, který pomocí hmatu ke každému vzorku přiřadí určitý stupeň drsnosti z dané pětistupňové škály. Výsledným parametrem subjektivního hodnocení bude výběrový medián a interval spolehlivosti pro populační medián. Objektivní hodnocení bude provedeno na přístroji Talysurf CLI 500, což je přístroj snímající povrch pomocí bezkontaktní metody. Princip měření spočívá ve snímání povrchu vzorku laserovým paprskem. Povrch vzorku bude převeden na obraz a následně vyhodnocován v programu Talymap. V tomto programu budou zjištěny parametry drsnosti, které budou použity pro detekci vztahu mezi subjektivním a objektivním hodnocením drsnosti. Závislost mezi těmito parametry a výběrovým mediánem bude detekována pomocí korelační analýzy. Výsledkem bude vyhodnocení takového objektivního parametru drsnosti, který určitým způsobem popisuje výsledky subjektivního hodnocení drsnosti textilií.

Teoretická část práce se zabývá problematikou hodnocení povrchové drsnosti. Budou zde popsány základní pojmy drsnosti povrchů a objektivně měřitelné parametry drsnosti podle normy ČSN EN ISO 4287. Dále budou popsány vybrané metody měření povrchové drsnosti, jako je subjektivní a objektivní hodnocení.

1 Přehled současné situace predikce drsnosti povrchů

Pro predikci omaku je používáno několik přístrojů, které vyhodnocují hodnotu omaku na základě dalších charakteristik textilií. Tyto přístroje nahrazují časově náročné subjektivní měření omaku a odstraňují odchylky způsobené respondenty, kteří tento omak hodnotí subjektivně. Přístroje pro hodnocení omaku textilií jsou vytvořeny na stejném principu, jako jsou přístroje pro hodnocení povrchové struktury např. strojních součástí. Predikce drsnosti textilií je vytvářena na základě zvolení koeficientů významnosti k vlastnostem, které mají vliv na výslednou drsnost. Ve strojírenském oboru byla provedena predikce drsnosti několika metodami.

Autoři práce [1] se zabývali odhadem komplexního profilu povrchu využitím variogramu (strukturní funkce), který popisuje stupeň závislosti. Testování drsnosti probíhalo na 54 protipožárních textiliích, které zakrývaly bavlněné textilie s nehořlavou úpravou, textilie vyrobené z tepelně odolných vláken (Nomex atd.) a textilie vyrobené kombinací předchozích dvou typů. Autoři porovnávali metody subjektivního měření drsnosti, KES systému a fraktální dimenze. Na základě porovnávání vzájemných vztahů mezi subjektivním omakem, klasickými charakteristikami drsnosti a fraktálními charakteristikami drsnosti autoři sestavili korelační mapu. Subjektivní omak byl vyhodnocen jako nejméně korelující c ostatními metodami. Jako nejvhodnější metoda pro určení drsnosti, z hlediska její složitosti, byla určena metoda počáteční fraktální dimenze.

Autoři práce [2] pro predikci drsnosti povrchu během vysokorychlostního obrábění s nástrojem H13 za použití minimálního množství řezné kapaliny použili transformační funkci modelu ANN (Artificial Neural Network) ANN model je inspirovaný biologii lidského nebo zvířecího mozku. Je to síť umělých neuronů, která je nakonfigurována k řešení specifických problémů. Vstupními daty jsou parametry povrchu. Autoři stanovili šablonu, podle které byly porovnávány testované vzorky. Na základě koeficientu konkordance byly výsledky předpovědi modelem ANN posouzeny jako shodné s reálnými výsledky měření.

Struktura sítě ANN je tvořena vrstvami a uzly (neurony). Implicitní model ANN obsahuje tři vrstvy, a to vrstvu vstupní, skrytou a výstupní. Je možné mít také strukturu ANN bez skrytých vrstev. Ve vstupní vrstvě jsou 3 uzly, v první skryté vrstvě je j uzlů, v druhé skryté vrstvě je k uzlů, v m -té skryté vrstvě je l uzlů

a ve výstupní vrstvě je jeden uzel. Tři uzly pro vstupní vrstvu představují tři rozhodovací hodnoty případové studie, které představují řeznou rychlost, rychlost posuvu a úhel sklonu. Jeden uzel pro výstupní vrstvu představuje předpokládanou hodnotu drsnosti povrchu případové studie. Na základě algoritmu a jeho transformace byla předpovězena drsnost materiálů. [3]

Autoři článku [3] se zaměřili na predikci drsnosti na konci frézky pomocí metody ANN. Na základě průzkumu předchozích studií problémů použitých struktur ANN zjistili, že velký vliv na přesnost modelu může mít množství trénovacích a testovacích dat. Poměr těchto dat je udáván v procentech. Autoři se zaměřili na výběr vhodné struktury ANN. Tato studie rovněž prokázala, že přesné výsledné hodnoty predikce výkonnosti výroby může být dosaženo i s malým množstvím trénovacích a testovacích vzorků, a to s využitím dostupných experimentálních dat. S celkovou velikostí vzorku 24, rozdělenou do 16 vzorků pro trénink a 8 vzorků pro testování, bylo zjištěno, že použitím techniky ANN může být dosaženo zdokonalení výsledné hodnoty pro predikci drsnosti povrchu v porovnání se skutečným výsledkem frézování. Jinými slovy, ANN je stále schopna vytvářet přesné predikční hodnoty pro měření výkonnosti pomocí malého počtu trénovacích vzorků. Trénovací vzorky slouží k tzv. „vyškolení“ neuronové sítě.

Další metodou, která je založena na síti umělých neuronů, je metoda RBF. Autoři článku [4] pomocí této metody a dalších 3 parametrů obrábění (hloubka, rychlost a posuvu) prozkoumávali možnost předpovědi profilu povrchu a drsnosti s vysokou rychlostí a nízkou cenou. Tuto metodu tedy zkoumali jako možnost předpovědi procesu. Vstupním parametrem je matice složená z vektorů charakteristik procesu. Tato metoda je vyhodnocena jako stále trochu odlišná od naměřených hodnot drsnosti. Důvodem mohla být přítomnost velkého množství rušivých faktorů při procesu obrábění (např. otřesy, vibrace, ...)

Autoři článku [5] se zaměřili na predikci drsnosti povrchu na základě modelu tloušťky třísky. Tento model hraje významnou roli v předpovědi kvality povrchu. Tloušťka třísky je často používána k popisu jakosti broušených povrchů a také k vyhodnocení konkurenceschopnosti celého brousícího systému. V modelu tloušťky třísky jsou zahrnuty různé parametry brousícího procesu, proto je možné předpovídat drsnost povrchu při různých podmínkách parametrů. Hlavními proměnnými jsou hloubka řezu a rychlost. Autoři v tomto článku vyvinuli analytický model pro predikci drsnosti

povrchu broušených keramikou na základě analýzy drážkování, které byly způsobeny částicemi interagujícími s obrobkem. Tento model je charakterizován tloušťkou třísky. Do modelu je zahrnuta mikrostruktura, kinematické a dynamické podmínky a vlastnosti materiálu. Hodnoty drsnosti povrchu získané podle nového modelu, který je založen na tloušťce třísky, jsou ve srovnání s existujícími modely blíže k experimentálně získaným hodnotám drsnosti.

Dalším článkem zaměřeným na predikci drsnosti povrchu je studie [6], která je zaměřena na modelování drsnosti povrchu v oblasti frézování. V úvahu byly brány tři typy inteligentních sítí, a to radiální funkce neuronových sítí (RBFN), adaptivní neuro-fuzzy inferenční systémy (ANFIS) a geneticky odvozené fuzzy inferenční systémy (GFIS). Všechny tři sítě byly vyškoleny pomocí experimentálních školicích dat. Po vyškolení byly metody zkoušeny sadou ověřovacích dat. Výsledky byly porovnávány s výsledky dříve publikovanými. Závěrem této studie je, že síť ANFIS mohou trpět problémem lokálního minima, genetické ladění fuzzy sítí nemůže zajistit dokonalou optimalitu, pokud nebudou použity vhodné parametrování (velikost populace, počet generací, ...). Jako nejlepší se v tomto konkrétním případě ukázal model RBFN, který měl nejlepší přesnost předpovědi.

Autoři článku [7] k predikci drsnosti povrchu u CNC soustruhu využili rovněž ANN model. Porovnání výsledků predikce drsnosti povrchu s experimentálními daty byly hodnoty velmi blízko. Proto je možné tento model integrovat do CNC strojů jako modul drsnosti povrchu. Při porovnání výsledků predikce drsnosti tohoto povrchu metodou ANN a predikcí vyhodnocenou ostatními metodami, bylo patrné, že model ANN je mnohem přesnější, než ostatní metody. Tento fakt byl prokázán u každé studie.

V článku [8] autoři k predikci drsnosti při obráběcích operacích použili model GEP. Je to algoritmus, který k řešení problému používá globální funkci vyhledávání problému. Při porovnávání hodnot predikované drsnosti s hodnotami experimentálně naměřenými při dvou definovaných rychlostech bylo patrné, že mezi daty existuje dobrá souvislost pouze při vyšších hodnotách řezné rychlosti. Nicméně při nižší řezné rychlosti jsou v tomto vztahu vidět jisté rozdíly. Nicméně při obrábění jsou řezné rychlosti vždy vysoké, proto je možné tento model aplikovat na obráběcí zařízení.

Autoři článku [9] se zaměřili na vývoj matematických modelů pomocí metody RSM (metoda povrchové reakce) a metody vícenásobné regrese za využití experimentálních

dat. Pro zjištění statistické významnosti parametrů procesu vysokorychlostního obrábění a jejich interakce byla použita analýza rozptylu ANOVA. Vstupními daty byla experimentálně naměřená drsnost povrchu výstupu z procesu. Faktorem byly zvoleny 4 parametry, a to řezná rychlost, rychlost posuvu, účinnost úhlu sklonu a poloměr řezného nástroje. Každý parametr měl tři úrovně. Pro odhad regresních konstant byl použit matematický software MATLAB. Výsledkem článku je vyhodnocení, že metoda RSM je pro predikci drsnosti povrchu pro vysokorychlostní obrábění vhodnější, než metoda vícenásobné regrese.

Článek [10] je zaměřen na predikci drsnosti povrchu na konci procesu frézování pomocí Swarm Intelligence PSO (davové inteligence). PSO je evoluční výpočetní technika (vyhledávací algoritmy) vyvinutá prostřednictvím simulace zjednodušeného sociálního modelu, kde jednotliví členové školy mohou těžit z objevů a zkušeností všech ostatních členů školy. Trénovacími daty pro stanovení vztahu mezi střední aritmetickou odchylkou profilu a řezných parametrů byly výsledky ze 125 experimentů. Výsledné predikované hodnoty drsnosti a experimentálně naměřené hodnoty drsnosti jsou si velmi blízké. To znamená, že konečný model je schopen předpovědět výstup systému pro nové vstupy.

Autoři článku [11] se zaměřili na predikci drsnosti povrchu uhlíkové oceli AISI 1014 pomocí systému ANN a vícenásobné regrese. Pro ANN byly použity 2 algoritmy, a to SCG (scaled conjugate gradient) a LM (Levenberg-Marquardt). Lepší výsledky byly dány algoritmem SCG, jehož výsledky měly nejmenší chyby. Při porovnání s experimentálními daty byly hodnoty obou modelů blízké. Oba modely byly tedy vyhodnoceny jako vhodné pro predikci drsnosti obráběných povrchů. V porovnání s vícenásobnou regresí bylo zjištěno, že ANN je jednodušší, rychlejší a má vysokou kapacitu učení. ANN je tedy silným nástrojem pro předvídaní drsnosti v oblasti obráběných materiálů.

V článku [12] se autoři zaměřili na predikci drsnosti tkanin. Mezi různými modely, které byly použity ke zjištění struktury modelu drsnosti, bylo zjištěno, že lineární zpětný regresní model může správně vykazovat chování drsnosti tkanin. Tento model je založen na geometrických charakteristikách tkaniny. Zkoumání výsledků drsnosti odhaluje, že vliv strukturních parametrů tkaniny, jako je vazba a hustota útku, je významný pro drsnost v rozsahu spolehlivosti 95%. Zvýšením hustoty útku tkanin

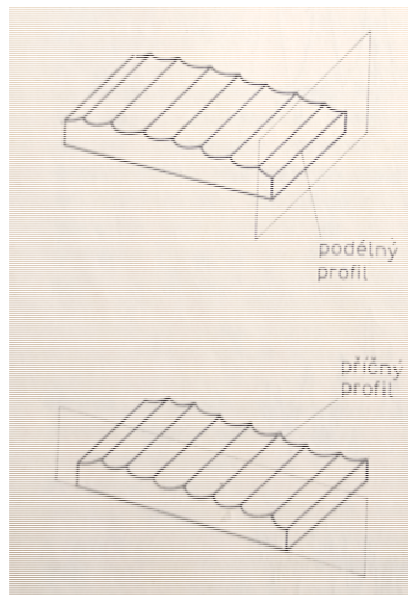
se povrchová drsnost tkanin snižuje. Výsledky predikce drsnosti jsou v souladu se subjektivním hodnocením tkanin.

Na základě průzkumu současné situace v oblasti predikce drsnosti povrchu v oblasti strojírenství bylo zjištěno, že k predikci jsou využívány metody inteligentních sítí založené na podobě k lidské neuronové síti, mnohonásobná regresní metoda, a další inovativní metody, jako je PSO a RSM. V oblasti textilního průmyslu bylo zdrojů k predikci drsnosti textilií mnohem méně.

2 Drsnost povrchů

Drsnost textilních materiálů je vlastnost, která je nedílnou součástí hodnocení senzorického komfortu oděvu. Tato vlastnost je dána povrchovou strukturou textilie. Drsnost materiálu se však netýká pouze textilií, ale také výrobků z oboru strojírenství, kde je vyhodnocována například drsnost obráběných povrchů.

Drsnost je vyjádření prostorového uspořádání povrchu. Má velký vliv na jakost funkčních ploch strojních součástí. Je dána odchylkami od ideální geometrie. Ideální geometrií je myšlen hladký povrch bez odchylek od výkresu. Tyto odchylky jsou definovány rozdíly mezi ideálním a jmenovitým tvarem povrchu geometrie. Pro zjištění základních informací o nerovnostech a jejich odchylkách je vhodné využít příčného řezu výrobkem (obr. 1). Příčný řez je vytvořen průřezem kolmým nebo šikmým k základnímu povrchu předmětu. Je však možný jen u materiálů, kde převládá jeden směr nerovností, což jsou povrchy s periodickým profilem. [13]



Obr. 1 Profily řezu výrobkem [13]

Profil výrobku je tvořen nerovnostmi jeho povrchu. Na základě těchto nerovností je profil rozkládán na dvě části, a to podle měřítka geometrické nepřesnosti. Tyto části se nazývají makrogeometrie, což je tvar a vlnitost povrchu, a mikrogeometrie, což je drsnost povrchu. [13]

Pro správné vyhodnocení drsnosti povrchu je nutné odlišit mikrogeometrii a makrogeometrii povrchu. Vlnitost je charakterizována nerovností na větším úseku délky, než na kterém je hodnocena drsnost. Základní profil povrchu vzorku tedy lze rozdělit na profil vlnitosti a profil drsnosti povrchu.

Profil drsnosti a profil vlnitosti jsou získávány pomocí filtrace dlouhovlnné a krátkovlnné složky profilu povrchu. Pro drsnost povrchu je důležitý filtr λ_c , který definuje rozhraní mezi složkami drsnosti a vlnitosti. Filtr λ_s definuje rozhraní mezi

drsností a kratšími složkami vln přítomných na povrchu. Filtr λ_f definuje rozhraní mezi vlnitostí a delšími složkami vln přítomných na povrchu. [14]

Filtr λ_f odlišuje vlny, které mohou být způsobeny zvlněním vzorku při umisťování na měřicí desku přístroje, od vlnitosti vzorku způsobené strukturou textilie.

Drsnost je možné dělit také podle změn povrchu, a to na [13]:

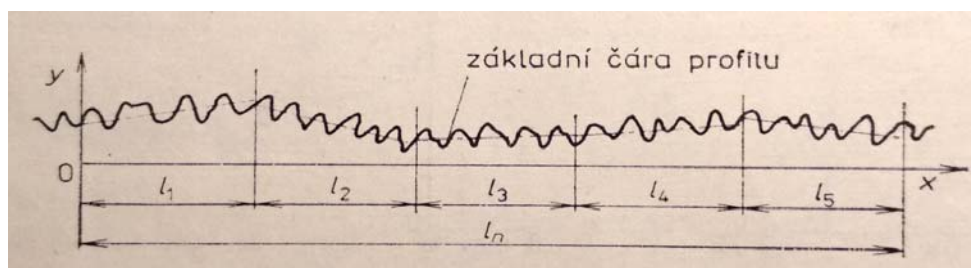
- **strukturní** – povrch se mění v souladu s konstrukcí textilie, lze nalézt periodicitu lokálních extrémů na křivce (plocha charakterizující reliéf)
- **náhodnou** – proměnlivost povrchu je náhodná, povrch nelze popsat jednoduchými geometrickými prostředky
- **celkovou** – spojení předchozích dvou typů

2.1 Obecné termíny drsnosti

Drsnost je vlastnost povrchu materiálů, kterou je možné hodnotit pomocí několika faktorů. Tyto faktory, jako např. absolutní odchylka, jsou závislé na volbě základní čáry profilu povrchu. V této části jsou popsány pojmy, jako je základní čára a její typy, odchylky a nerovnosti profilů povrchu.

Vyhodnocování drsnosti závisí na několika faktorech. Jedním z faktorů je anizotropie, resp. izotropie materiálů. Pro získání příčného profilu je nutné mít anizotropní materiály, což jsou materiály s výrazným směrem nerovností. [13]

Drsnost materiálu je vyhodnocována ve vztahu k **základní čáře** (obr. 2) Základní čarou může být buď střední čára, nebo střední aritmetická čára. Podle normy ČSN EN ISO 25178-601 je základní čarou střední čára profilu. Norma ČSN EN ISO 25178-601 (014451) je normou geometrické specifikace produktu a jmenovité charakteristiky dotkových (hrotových) přístrojů. Na obr. 2 je znázorněna také vyhodnocovaná délka l_n , která může obsahovat jednu nebo několik základních délek (l_1, l_2, \dots). [13]

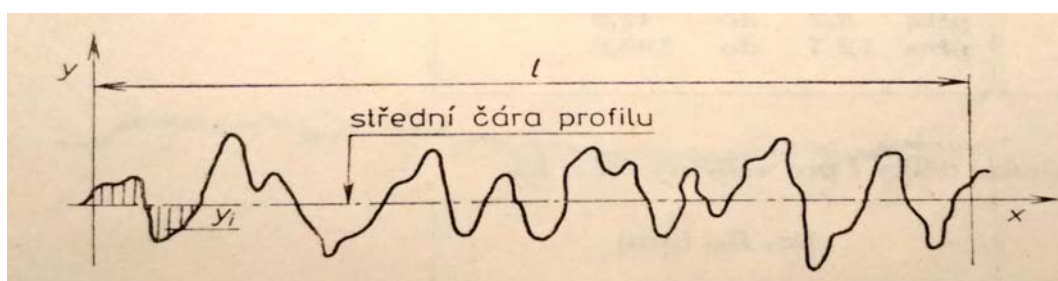


Obr. 2 Základní čára profilu [13]

Program Talymap, který bude používán pro vyhodnocení charakteristik povrchu, vyhodnocuje tyto profilové charakteristiky podle několika norem. Pro experimentální část budou použity charakteristiky vyhodnocené podle normy ČSN EN ISO 4287: Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda - Termíny, definice a parametry struktury povrchu.

Střední čára profilu (obr. 3) má tvar jmenovitého profilu (hladkého) a rozděluje skutečný profil tak, že součet kvadratických odchylek profilu od této čáry je minimální (metoda nejmenších čtverců). Součet ploch odchylek od střední čáry je vypočten pomocí integrální rovnice (1). [13]

$$\int_0^l y^2 dx = \min \quad (1)$$

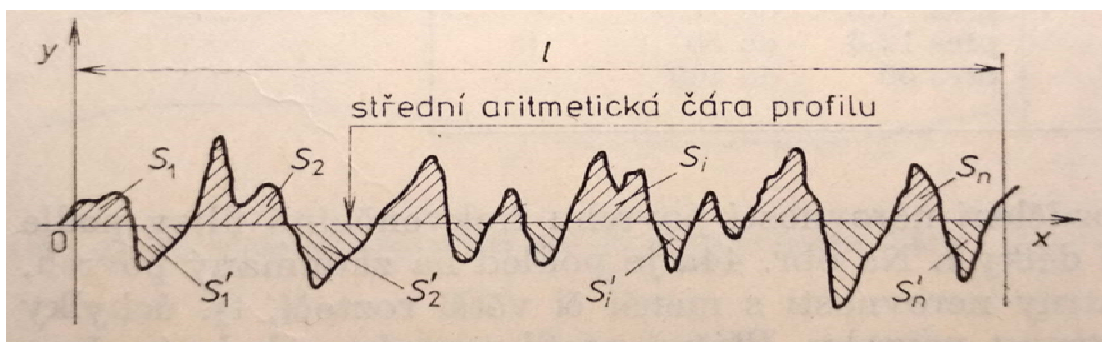


Obr. 3 Střední čára profilu [13]

Osa y znázorňuje velikost odchylky od střední čáry profilu v řádech μm a l je základní délka profilu udávaná v mm. Základní délkou je délka základní čáry. Tato délka odděluje nerovnosti charakterizující drsnost povrchu od ostatních geometrických odchylek. Hranice, která odděluje drsnost od jiných druhů nerovností, jako je např. vlnitost, je v jistém smyslu libovolná. Nicméně je velice důležité, aby byla tato délka zvolena správně a jednoznačně. Pokud je zvolena správně, pak je zaručena srovnatelnost výsledků měření jednotlivých charakteristik drsnosti povrchu. Správnou volbou základní délky se lze vyvarovat mnohdy velmi podstatným chybám, které vyplývají z úvah o nedůležitosti volby základní délky. [13]

Střední aritmetická čára (obr. 4) je druhou variantou základní čáry. Střední aritmetická čára profilu má také tvar jmenovitého profilu a rozděluje skutečný profil na 2 části tak, že součty ploch po obou stranách této základní čáry jsou v rozsahu základní délky l stejné. Rovnice (2) popisuje tuto shodu pomocí součtu ploch pod křivkou. Plochy S a S' jsou udávány μm^2 . [13]

$$\sum_{i=1}^n S_i = \sum_{i=1}^n S'_i \quad (2)$$



Obr. 4 Střední aritmetická čára profilu, plochy pod křivkou [13]

V praxi je jako základní čára více používána střední aritmetická čára profilu, kterou lze při grafickém zpracování profilu zjistit snadněji, než střední čáru profilu. Střední čára profilu je základem většiny norem souvisejících s vyhodnocením drsnosti povrchu. [13]

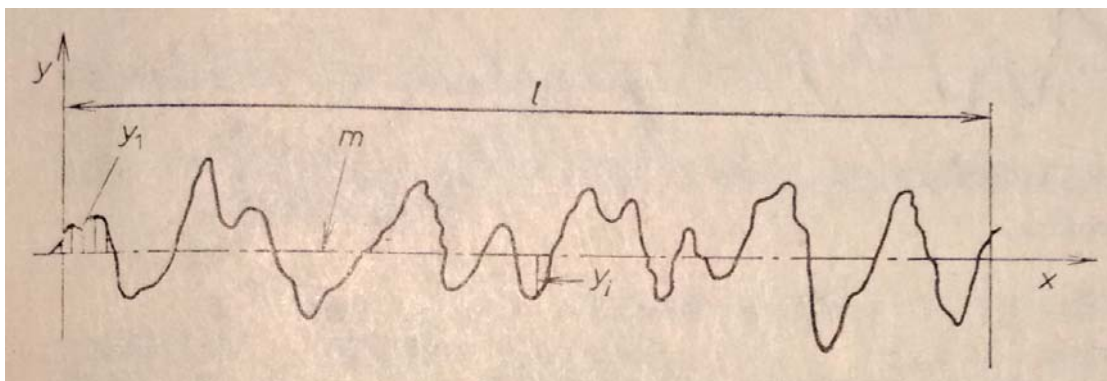
Profil musí být filtrován pro odlišení drsnosti povrchu od ostatních nerovností povrchů s větší roztečí, jako je vlnitost. Je nutné zvolit správný způsob filtrace a algoritmus pro to, aby nebyl zkreslen profil povrchu a nebyla tak způsobena chyba ve vyhodnocení jednotlivých charakteristik drsnosti povrchu. [13]

Filtraci je možné provést třemi způsoby [13]:

- **mechanicky** – určena mechanickými parametry snímače (poloměr zaoblení hrotu, poloměr opěrné patky, ...)
- **elektricky** – hodnota základní délky dána délkou vlnovou a odpovídající frekvencí
- **matematicky** – pomocí výpočetní techniky s využitím softwaru (diskrétní Fourierova transformace) nebo hardwaru. Využívána při analýze diskrétních hodnot sledovaného profilu povrchu

Vzdálenost mezi bodem skutečného profilu a základní čarou je **odchylka profilu y** (obr. 5). Pokud se odchylky profilu vyhodnocují z profilogramů, jsou odměřovány v bodech na ose x. Tyto body jsou od sebe stejně vzdáleny. Vzdálenost Δx je nazývána krokem diskretizace znázorněné v rovnici (3) [13].

$$\Delta x = x_{i+1} - x_i \quad (3)$$

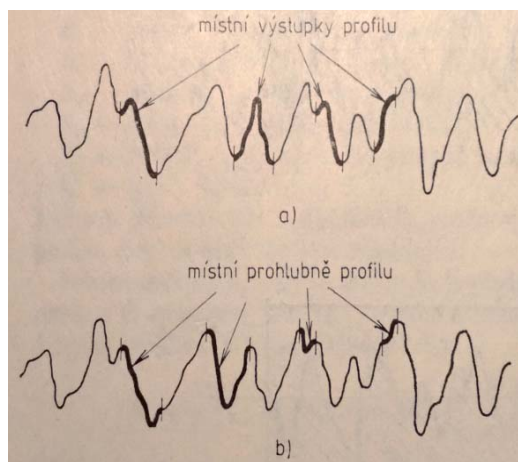


Obr. 5 Odchylka profilu [13]

Krok diskretizace je konstantní. Jeho velikost ovlivňuje přesnost vyhodnocení charakteristik drsnosti povrchu. Pokud je krok diskretizace příliš velký, jsou velké i chyby. Důsledkem příliš velkého kroku je ztráta některých nerovností profilu při vyhodnocování. [13]

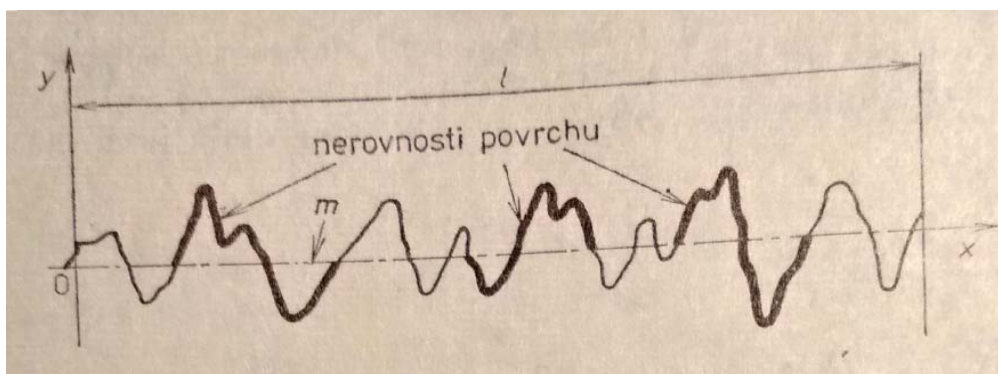
Pro posuzování drsnosti povrchu je nutné na profilu povrchu rozlišit místní nerovnosti profilu a nerovnosti profilu. [13]

Místní nerovnost profilu (obr. 6) je tvořena místním výstupkem a místní prohlubní profilu. Místní výstupek je část skutečného profilu ležící mezi dvěma sousedními nejnižší položenými body profilu. Místní prohlubeň profilu je část skutečného profilu situovaná mezi dvěma sousedními nejvyššími body profilu. [13]

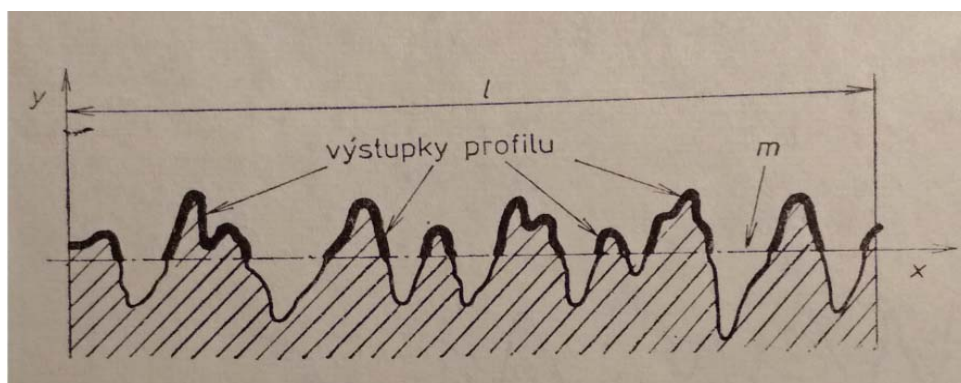


Obr. 6 Místní nerovnosti profilu [13]

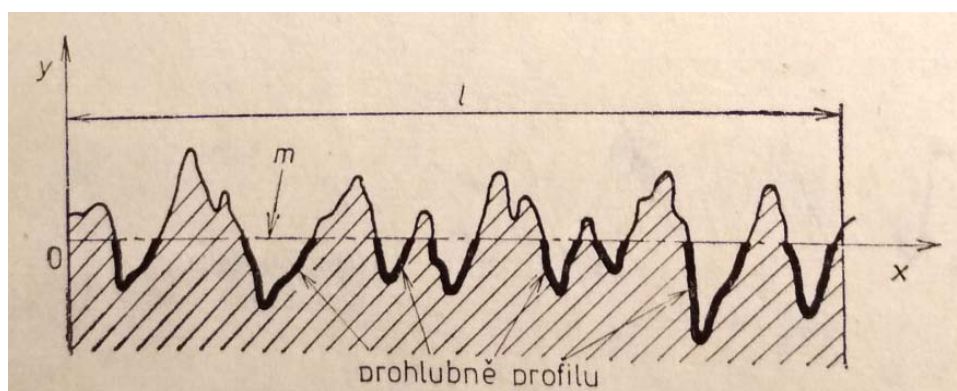
Nerovnost profilu (obr. 7) je tvořena výstupkem profilu a prohlubní profilu. Výstupkem a prohlubní profilu je část skutečného profilu, která spojuje dva vedle sebe ležící průsečíky se střední čarou profilu. Výstupkem (obr. 8) je část směřující z materiálu, prohlubní (obr. 9) se rozumí část profilu směřující do materiálu. Části výstupků na začátku, resp. na konci základní délky se vždy považují za výstupky profilu. Stejně tak části prohlubní na začátku a na konci základní délky jsou považovány za prohlubně. [13]



Obr. 7 Nerovnosti profilu. [13]



Obr. 8 Výstupky profilu. [13]



Obr. 9 Prohlubně profilu. [13]

2.2 Normalizované charakteristiky drsnosti povrchu

Pro popis drsnosti povrchů je možné použít charakteristiky z několika norem. V této práci je vyhodnocování zaměřeno na charakteristikách profilu podle normy ČSN EN ISO 4287. Níže jsou popsány jednotlivé parametry profilů z této normy.

Charakteristiky je možné počítat ze základního profilu, profilu drsnosti nebo profilu vlnitosti. Charakteristiky základního profilu jsou označeny písmenem P, charakteristiky profilu drsnosti jsou označeny písmenem R a charakteristiky profilu vlnitosti písmenem

W. K těmto velkým písmenům jsou přiřazena malá písmena, která označují jednotlivé charakteristiky.

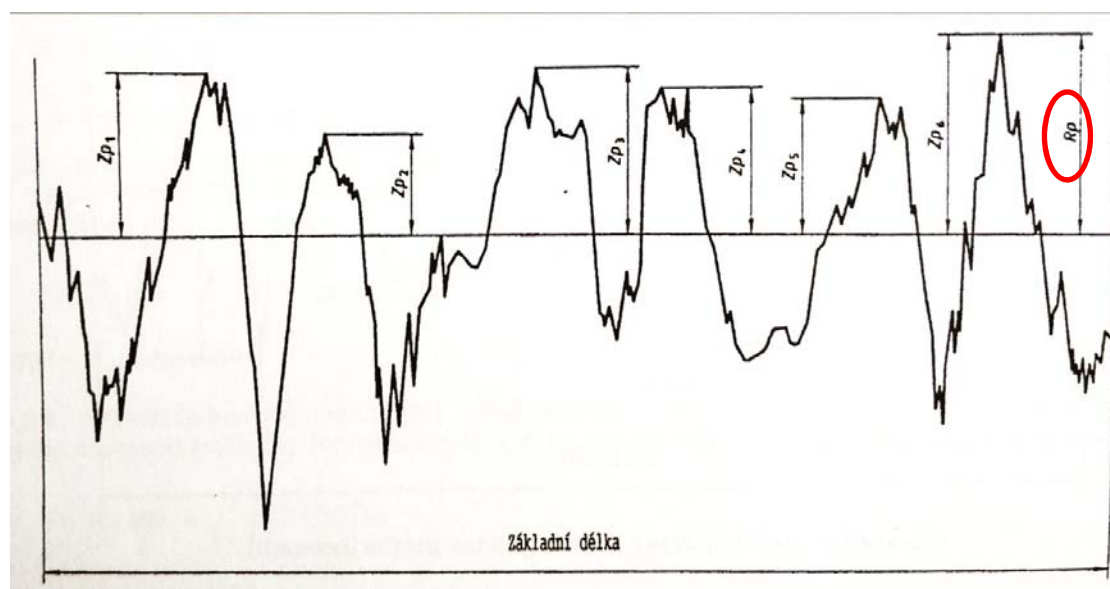
2.2.1 Výškové parametry

První skupinou parametrů jsou výškové parametry. Tyto parametry souvisejí s výstupky, prohlubněmi a průměrnými hodnotami pořadnic. Pořadnice označují polohu na ose x , jsou označovány písmenem Z .

Zdrojem informací pro tuto kapitolu byla norma ČSN EN ISO 4287 [14]

Největší výška výstupku profilu P_p , R_p , W_p

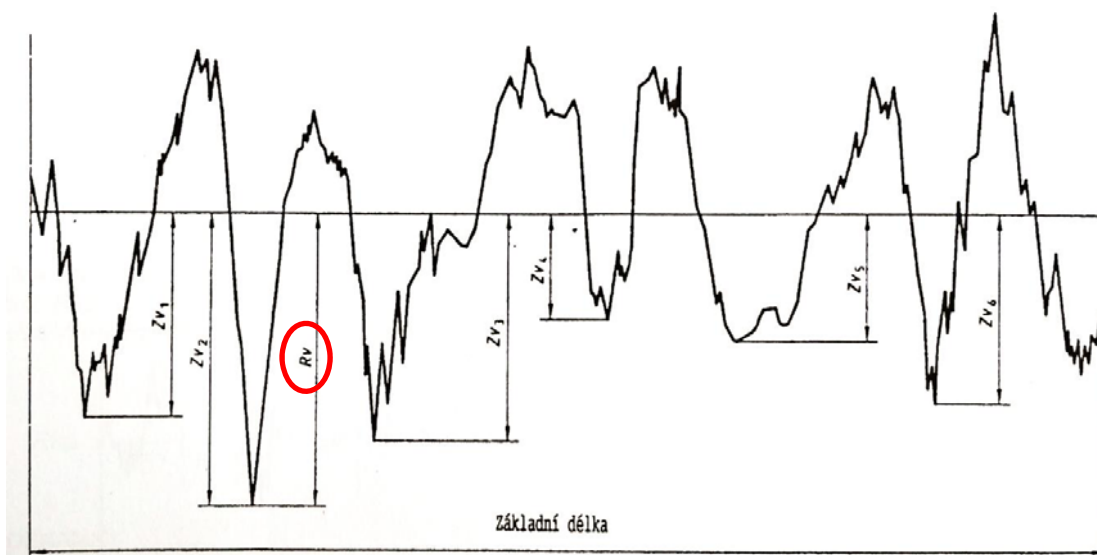
Tento parametr je charakterizován vzdáleností od základní čáry, je roven maximální hodnotě výstupku profilu, a to v rozsahu základní délky. (obr. 10)



Obr. 10 Největší výška výstupku profilu drsnosti. [14]

Největší hloubka prohlubně profilu P_v , R_v , W_v

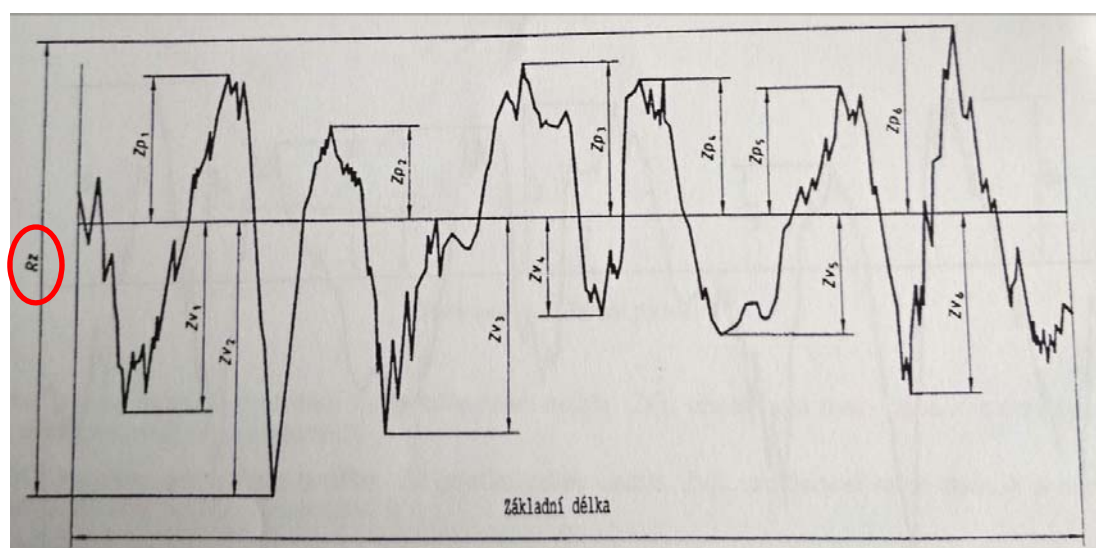
Největší hloubka prohlubně je charakterizována jako nejnižší prohlubeň od základní čáry profilu v rozsahu jeho základní délky. (obr. 11)



Obr. 11 Největší hloubka prohlubně profilu drsnosti. [14]

Největší výška profilu P_z , R_z , W_z

Tento parametr je definován jako součet výšky největšího výstupku Z_p a hloubky nejhlubší prohlubně Z_v , a to v rozsahu základní délky. (obr. 12) V některých literárních zdrojích je tento parametr označován s malým písmenem m .

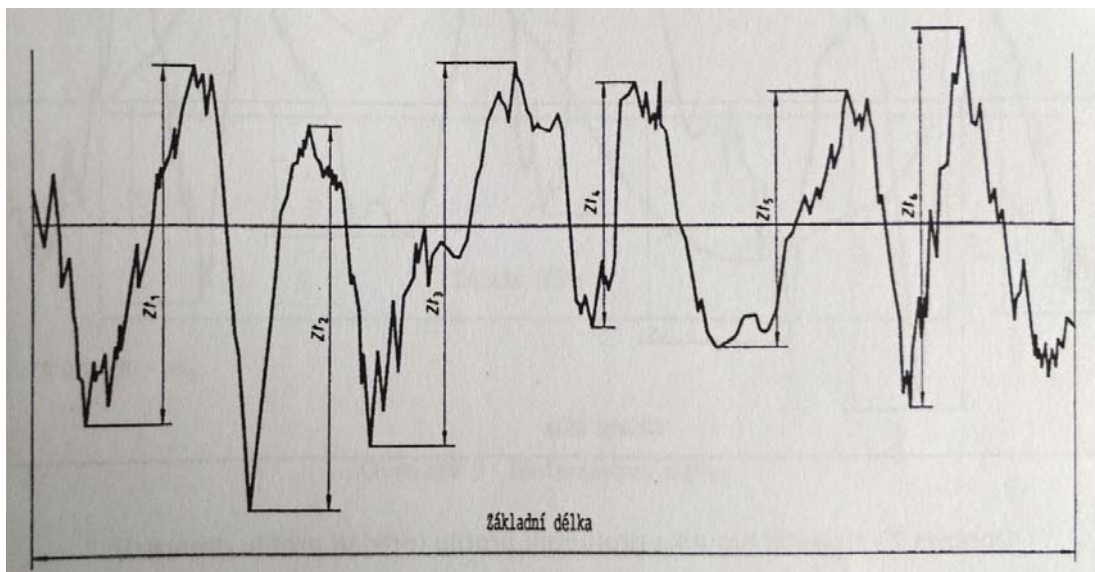


Obr. 12 Největší výška profilu drsnosti. [14]

Průměrná výška prvků profilu P_c , R_c , W_c

Výška prvků profilů Z_{ti} je definována jako vzdálenost mezi vrcholem a prohlubní profilu, které leží vedle sebe (obr. 13). Průměrná výška prvků profilu je dána rovnicí (4).

$$P_c, R_c, W_c = \frac{1}{m} * \sum_{i=1}^m Z_{ti}; \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (4)$$



Obr. 13 Výška prvků profilu. [14]

Celková výška profilu P_t , R_t , W_t

Celková výška profilu je dána součtem výšky nejvyššího výstupku profilu a hloubky nejnižší hloubky prohlubně profilu. Stejně je dána i největší výška profilu, ale ta se vyhodnocuje v rozsahu základní délky. Celková výška profilu se vyhodnocuje v rozsahu vyhodnocované délky. Platí tedy $P_t \geq P_z, R_t \geq R_z, W_t \geq W_z$.

Průměrná aritmetická odchylka posuzovaného profilu P_a , R_a , W_a

Tento parametr je počítán jako aritmetický průměr z absolutních hodnot veličiny $Z(x)$ v rozsahu základní délky. Rovnice (5) zobrazuje výpočet pro spojitý profil.

$$P_a, R_a, W_a = \frac{1}{l} * \int_0^l |Z(x)| dx \quad (5)$$

kde $l = l_p, l_r$, případně l_w ...základní délka.

$Z(x)$...funkce popisující profil.

Pro diskrétní profil je výpočet průměrné aritmetické odchylky posuzovaného profilu prováděn podle rovnice (6). [13]

$$P_a, R_a, W_a = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N |Z(x_i)| \quad (6)$$

kde $Z(x_i)$...diskrétní funkce s bodovými souřadnicemi x_i

N ...počet bodů profilu povrchu na délce profilu, $i=1, 2, \dots, N$.

V některých literárních zdrojích je tento parametr označován MAD. Nicméně tento parametr je pouze statistickou hodnotou, jelikož udává pouze střední hodnotu

absolutních odchylek souřadnic jednotlivých bodů profilu zkoumaného povrchu od střední čáry profilu. Tato charakteristika se využívá často pro kontrolu kvality, ale není dostačující pro popis profilů různých tvarů [13].

Průměrná kvadratická odchylka posuzovaného profilu Pq, Rq, Wq

Tento parametr je získán výpočtem kvadratického průměru pořadnic $Z(x)$, a to v rozsahu základní délky. Pro spojitý profil je průměrná kvadratická odchylka počítána podle rovnice (7).

$$Pq, Rq, Wq = \sqrt{\frac{1}{l} * \int_0^l |Z^2(x)| dx} \quad (7)$$

kde $l=lp, lr, \text{případně } lw$ je základní délka

Pro diskrétní profil je počítán pomocí rovnice (8). [13]

$$Pq, Rq, Wq = \sqrt{\frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N Z^2(x)}; \quad \text{kde } Z(x) = Ri - Ra \quad (8)$$

V některých pracích a literárních zdrojích je tato charakteristika označována písmeny SD. Tato charakteristika dříve nebyla normovaná. Dnes je však zahrnuta v normě ČSN EN ISO 4287.

Průměrná kvadratická odchylka posuzovaného profilu je citlivější na nežádoucí výstupky a prohlubně kontrolovaného povrchu. Z tohoto důvodu parametr vykazuje vyšší hodnoty než parametr Ra. [15]

Podle zdroje [13] je střední kvadratická odchylka profilu Rq směrodatnou odchylkou souřadnic jednotlivých bodů profilu povrchu σ .

Šikmost posuzovaného profilu Psk, Rsk, Wsk (skewness)

Šikmost je vyjádřena podílem průměrné hodnoty třetích mocnin pořadnic $Z(x)$ a třetí mocniny hodnoty Pq, Rq nebo Wq v rozsahu základní délky. Výpočet šikmosti pro profil drsnosti je zobrazen rovnicí (9).

$$Rsk = \frac{1}{Rq^3} * \left[\frac{1}{lr} \int_0^{lr} |Z^3 x| dx \right] \quad (9)$$

Šikmost profilu vlnitosti Wsk a základního profilu Psk jsou definovány podobným způsobem. Parametr šikmosti značí míru symetrie a hustoty pravděpodobnosti hodnot

pořadnic. Tento parametr je silně ovlivňován ojedinělými výstupky nebo ojedinělými prohlubněmi.

Špičatost posuzovaného profilu Pku , Rku , Wku (kurtosis)

Parametr špičatosti je charakterizován podílem průměrné hodnoty čtvrtých mocnin pořadnic $Z(x)$ a čtvrté mocniny hodnoty Pq , Rq , nebo Wq v rozsahu základní délky. Výpočet špičatosti je znázorněn rovnicí (10).

$$Rsk = \frac{1}{Rq^4} * \left[\frac{1}{lr} \int_0^{lr} |Z^4 x| dx \right] \quad (10)$$

Špičatost profilu vlnitosti Wku a základního profilu Pku jsou definovány podobným způsobem. Parametr špičatosti značí míru špičatosti hustoty pravděpodobnosti hodnot pořadnic. Tento parametr je silně ovlivňován ojedinělými výstupky nebo ojedinělými prohlubněmi.

2.2.2 Délkové parametry

Další kategorií parametrů, které charakterizují profil povrchu, jsou parametry délkové. Podle normy ČSN EN ISO 4287 do této kategorie patří pouze dva parametry, a to průměrná šířka prvků profilu a výsledný počet výstupků. Zdrojem informací pro tuto kapitolu byla ČSN EN ISO 4287 [14]

Průměrná šířka prvků profilu PSm , RSm , WSm

Tento parametr je dán aritmetickým průměrem šířek prvků profilu Xs v rozsahu základní délky. Rovnice (11) popisuje výpočet tohoto parametru.

$$PSm, RSm, WSm = \frac{1}{m} * \sum_{i=1}^m Xs_i \quad (11)$$

Parametr průměrné šířky prvků profilu vyžadují výškové a délkové omezení. Pokud není určeno jinak, pak omezení výšky je rovno 10 % Pz , Rz nebo Wz a omezení délkové (neboli omezení roztečí) činí 1 % ze základní délky. Tyto podmínky musí být splněny současně.

Výsledný počet výstupků PPc , RPc , WPc

Výsledný počet výstupků je počet průměrných šířek elementů profilu (PSm , RSm , WSm) v rozsahu referenční délky (L). Vztah pro výpočet výsledného počtu výstupků pro základní profil je dán rovnicí (12) pro profil drsnosti je dán rovnicí (13) a pro profil vlnitosti je dán rovnicí (14).

$$PPC = \frac{L}{PSm} \quad (12)$$

$$RPc = \frac{L}{RSm} \quad (13)$$

$$WPc = \frac{L}{WSm} \quad (14)$$

Doporučená referenční délka podle normy ČSN EN ISO 4287 je 10 mm. Doporučený mezní rozdíl výšky výstupků v rozsahu pásma RSm pro výpočet výsledného počtu výstupků je $\pm 0,5 \mu m$.

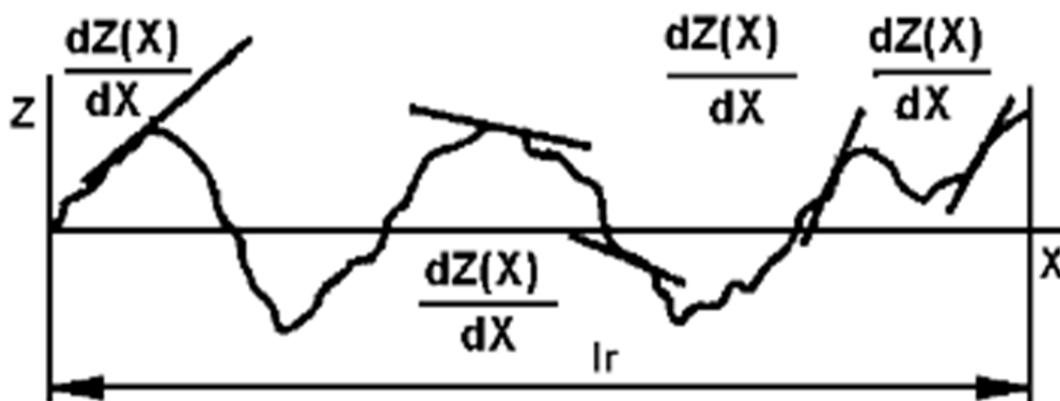
2.2.3 Tvarové parametry

Poslední kategorií charakteristik drsnosti jsou tvarové parametry. Tyto parametry popisují tvar profilu povrchu.

Průměrný kvadratický sklon posuzovaného profilu $P\Delta q$, $R\Delta q$, $W\Delta q$

Tento tvarový parametr je charakterizován Průměrným kvadratickým sklonem pořadnic, a to v rozsahu základní délky l_r (obr. 14). Vztah je definován rovnicí (15). [16]:

$$R\Delta q = \sqrt{\frac{1}{l_r} \int_0^{l_r} \left(\frac{dz}{dx} \right)^2 dx} \quad (15)$$



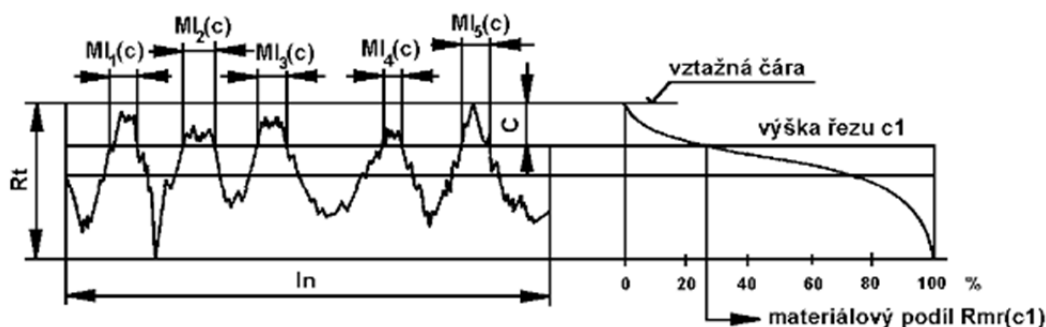
Obr. 14 Průměrný kvadratický sklon posuzovaného profilu $P\Delta q$, $R\Delta q$, $W\Delta q$. [14]

Materiálový poměr profilu (nosný podíl) $Pmr(c)$, $Rmr(c)$, $Wmr(c)$

Tento podíl značí poměr délky materiálu elementů profilu $MI(c)$ na dané úrovni c k vyhodnocované délce. Materiálový poměr profilu je dán rovnicí (16).

$$Pmr(c), Rmr(c), Wmr(c) = \frac{MI(c)}{ln} \quad (16)$$

Veličina je bezrozměrná. Pokud hodnotu vynásobíme 100, pak jednotkou jsou procenta.



Obr. 15 Materiálový poměr profilu (nosný podíl) $Pmr(c)$, $Rmr(c)$, $Wmr(c)$. [16]

$MI_x(c)$ značí materiálovou délku profilu na úrovni c . $MI(c)$ je dána součtem délek úseků, které jsou získány protnutím prvku profilu čarou rovnoběžnou s osou x , a to v dané úrovni c (obr. 15).

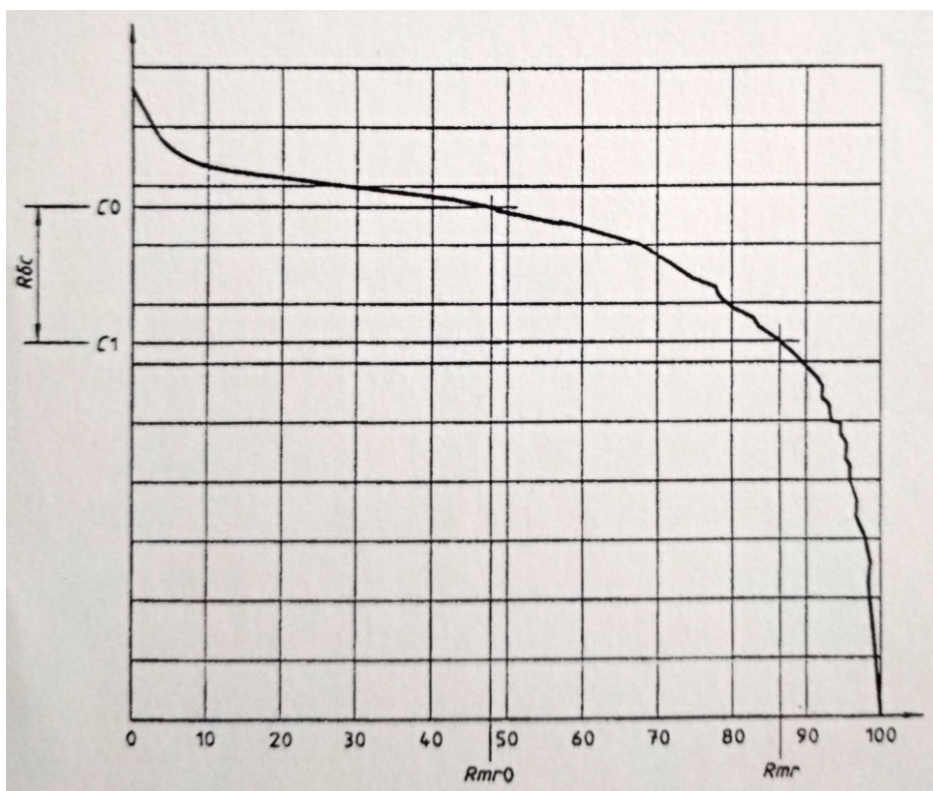
Vzájemný materiálový poměr Pmr , Rmr , Wmr

Tento parametr značí materiálový poměr určený na úrovni části profilu $R\delta c$ (obr. 16) vztahený k počáteční úrovni $C0$. Tento poměr je vyjádřen rovnicí (17).

$$Pmr, Rmr, Wmr = Pmr, Rmr, Wmr (C1) \quad (17)$$

$$kde \quad C1 = C0 - R\delta c \text{ (nebo } P\delta c, W\delta c)$$

$$C0 = C(Pmr0, Rmr0, Wmr0)$$



Obr. 16 Oddělování úrovní částí profilu. [14]

Rozdíl výšky úseku profilu $P\delta c$, $R\delta c$, $W\delta c$

Tento parametr charakterizuje svislou vzdálenost mezi úrovněmi dvou úseků daného materiálového poměru. Rozdíl výšky úseku profilu drsnosti je dán rovnicí (18). $P\delta c$ a $W\delta c$ jsou definovány obdobným způsobem.

$$R\delta c = C(rmr1) - C(Rmr2) \quad (18)$$

kde platí: $Rmr1 < Rmr2$.

2.3 Drsnost textilií

Jakost textilií je dána mnoha faktory. Jedním z nich je také omak textilií, jehož faktorem je drsnost povrchu. Omak textilií je možné měřit subjektivně, a to pomocí jednotlivých respondentů a určování omaku dle předem stanovené škály, nebo objektivně pomocí přístrojů, které pracují na základě přímo měřitelných vlastností textilií. Omak je pocit, který vzniká interakcí textilního materiálu s povrchem lidského těla.

Drsnost textilií je ovlivněna v průběhu celého procesu výroby textilií. Je ovlivněna pozitivními příděmi a jejich parametry, technologií výroby textilií, speciálními úpravami hotových textilií, jako je nemačková úprava, a žehlení. Drsnost textilií je parametr, který

je proměnlivý. Tento parametr se mění v čase během nošení a údržby textilií a oděvů. [17]

Původně byla drsnost hodnocena pomocí zraku a hmatu. Nevýhodou hmatové kontroly byla nutnost existence mnoha vzorových materiálů, se kterými byl daný výrobek srovnáván. Nicméně zraková a hmatová kontrola byla nahrazena číselným a kvantitativním měřením, a to z důvodu zvýšení nároků na jednotlivé součásti výrobku. Prvním nahrazením smyslové kontroly bylo zařízení, které zobrazovalo pouze drsnost povrchu. Následovala výroba přístrojů, kde výstupem byly integrované hodnoty profilu drsnosti. Tyto hodnoty byly vyhodnocovány na stupnici, která je součástí přístroje. Další vývoj vedl k sestavení přístrojů, které jsou schopny zaznamenávat grafy drsnosti současně s integrovanou hodnotou drsnosti. [17]

2.4 Hodnocení drsnosti povrchu

Hodnocení drsnosti povrchu je důležité u strojních součástí. U těchto součástí hodnota drsnosti ovlivňuje výslednou funkčnost a živostnost výrobku. V textilním průmyslu je charakteristika drsnosti nedílnou součástí omaku textilií. Drsnost však není jedinou vlastností popisující omak. Dalšími vlastnostmi jsou stlačitelnost, třecí síly, ohybové a smykové vlastnosti, atd.

Drsnost povrchu je možné měřit subjektivně nebo objektivně. Subjektivní metoda měření spočívá v hodnocení lidským pocitem. Objektivní metoda měření je založena na výstupu z měření mechanických a fyziologických vlastností textilií. [18]

Drsnost povrchu je možné hodnotit metodami 2D a 3D. 2D metody hodnocení jsou založeny na vyhodnocování křivky profilu vzniklého příčným řezem. 3D metody hodnocení jsou založeny na digitálním nebo analogovém záznamu. V oblasti snímání drsnosti povrchu se nejvíce uplatňují bezdotykové a optické metody. [18]

2.4.1 Subjektivní kontaktní metoda hodnocení drsnosti povrchu textilií

Subjektivní metoda je závislá na zkušenostech a pocitech hodnotitele. To může být značnou nevýhodou při hodnocení drsnosti povrchu, jelikož každý člověk má vlastní práh citlivosti, který ovlivňuje jeho subjektivní hodnocení textilií. Hmatová citlivost může být ovlivněna např. těžkou prací, kterou osoba vykonává delší dobu, onemocněním kůže, nebo také náladou. Hodnotitel se špatnou náladou má sklon spíše k pesimistickému hodnocení.

Tato metoda je založena na smyslovém vnímání člověka. Subjektivní kontaktní metoda slouží k hodnocení vlastností textilních materiálů a vyznačuje se omakem charakteristickým pro daný textilní materiál. Charakteristický omak je zahrnut ve vzorových etalonech, kde je drsnost hodnocena zrakem a hmatem. K vyhodnocování je možné použít jednoduché optické pomůcky, jako jsou lupy a komparační mikroskopy. Výhodou tohoto měření je nepotřebnost přístrojů k měření drsnosti. Spotřebitel si také sám může určit, které vlastnosti textilií jsou pro něj důležité. Nevýhodou je velké množství získaných dat, jelikož každý spotřebitel má jinou hmatovou citlivost. Proto je nutné proškolení testujících respondentů o tom, co je drsnost a čeho se týká. Toto proškolení eliminuje rozptyl odlišností. [18]

Dělení subjektivního hodnocení [18]:

- ***přímá (absolutní) metoda*** – třídění textilií do předem stanovené subjektivní stupnice. Tyto stupnice se nazývají ordinální škály. Minimální počet respondentů je 30.
- ***nepřímá (komparativní) metoda*** – setřídění textilií od textilie s nejprůjemnějším omakem po textilii s nejhorším omakem. Třídění textilií podle subjektivního kritéria hodnocení.

Pro zajištění reprodukovatelnosti a opakovatelnosti měření je nutné stanovit tato tři kritéria [18]:

- *Vhodný výběr hodnotitelů* – specialisté, kteří se s pojmem drsnost textilií běžně setkávají, a „laiků“, neboli spotřebitelů, kteří jsou považováni za neodborníky. Výsledky hodnocení se mezi těmito skupinami mohou lišit.
- *Výběr bodové škály* – výběr záleží na požadavku, který je kladen na výstupní data. Lze vybírat ze dvou typů zkoušek. Prvním typem jsou zkoušky stupnicové, kde jsou textilie řazeny zpravidla do liché bodové škály. Střední hodnota leží uprostřed této škály. Stupnicové zkoušky umožňují kvantitativní i kvalitativní popis hodnocení vlastnosti (omaku). Druhým typem jsou zkoušky srovnávací, kdy je textilie hodnocena na základě porovnávání s jedním zvoleným vzorkem, který je stanoven

jako standard. Porovnává se, jak moc se testované textilie liší od standardu.

- *Zavedení sémantiky* – zavedení a definování primární složky např. omaku, jak se vzorku „dotýkat“, na co se soustředit, v jakém pořadí složky hodnotit.

Drsnost je z hlediska uživatele vnímána jako jedna ze složek omaku. Proto je subjektivní metoda z hlediska potřeb uživatele velmi zajímavá. [18]

2.4.2 Objektivní metody hodnocení drsnosti povrchu textilií

Objektivní metody jsou využívány jako náhrada subjektivního hodnocení. Přístroje pro hodnocení drsnosti textilií jsou děleny podle toho, zda je povrch snímán bezkontaktně, nebo je povrch textilie v kontaktu s čidlem, které snímá povrch. Je důležité vhodně zvolit metodu, kterou bude hodnocena drsnost povrchu a tuto metodu také k výsledkům drsnosti uvést. Výsledky jednotlivých metod se totiž mohou lišit.

Tyto metody se začaly rozvíjet až při používání syntetických vláken, což je poměrně krátká doba při srovnání se vznikem prvních textilií. Objektivní metody měly za úkol nahradit časově náročné metody subjektivní a eliminovat lidský faktor při hodnocení drsnosti povrchu textilií. Objektivní metody se dělí do dvou základních skupin, a to na metody kontaktní a bezkontaktní. [19]

Tyto metody, stejně jako metody hodnocení netextilních materiálů, vycházejí z měřících přístrojů, které poskytují data naměřená přímo na testovaných materiálech. Data je nutné vyhodnocovat jednotným algoritmem povrchových charakteristik určitého textilního povrchu z důvodu zajištění průkaznosti, jednoznačnosti a opakovatelnosti měření jedním přístrojem za stejných nebo srovnatelných výchozích podmínek, reprodukovatelnosti a porovnatelnosti dosažených výsledků. Hlavní částí přístrojů pro objektivní měření omaku, respektive drsnosti textilií, je snímač, který kopíruje profil povrchu zkoušeného materiálu. Profil je charakterizován změnami tloušťky, resp. výšky ve vybraných směrech testovaných materiálů. [17]

2.4.2.1 Kontaktní metody měření drsnosti povrchu

Nejrozšířenějšími přístroji pro měření drsnosti povrchu textilií jsou dotykové profilometry s postupnou transformací profilu. Existují dva typy pohybu při snímání povrchu. Prvním typem je posuv dotykového snímače po měřeném povrchu. Rychlost posuvu je konstantní. Snímač má mírně zaoblený hrot. Druhým typem je posuv kontrolované plochy pod snímačem profilu. Změny výškové polohy měřicího hrotu jsou způsobeny nerovnostmi povrchu a mnohonásobně se zvětšují fyzikálními principy, jako je mechanický a mechano-elektrický převod. Tyto změny se zaznamenávají ve formě profilogramů, nebo se u elektrických metod převádějí na analogové změny napětí nebo indukčnosti. Do této skupiny patří přístroje typu **profilografy** (dotykový přístroj, výsledkem jsou grafické záznamy profilů), **profilometry** (automatické vyhodnocení některých z normalizovaných charakteristik drsnosti povrchu) a **profiloměry** (kombinované přístroje profilometr-profilograf a obecně dotykové přístroje na měření drsnosti povrchu). [13]

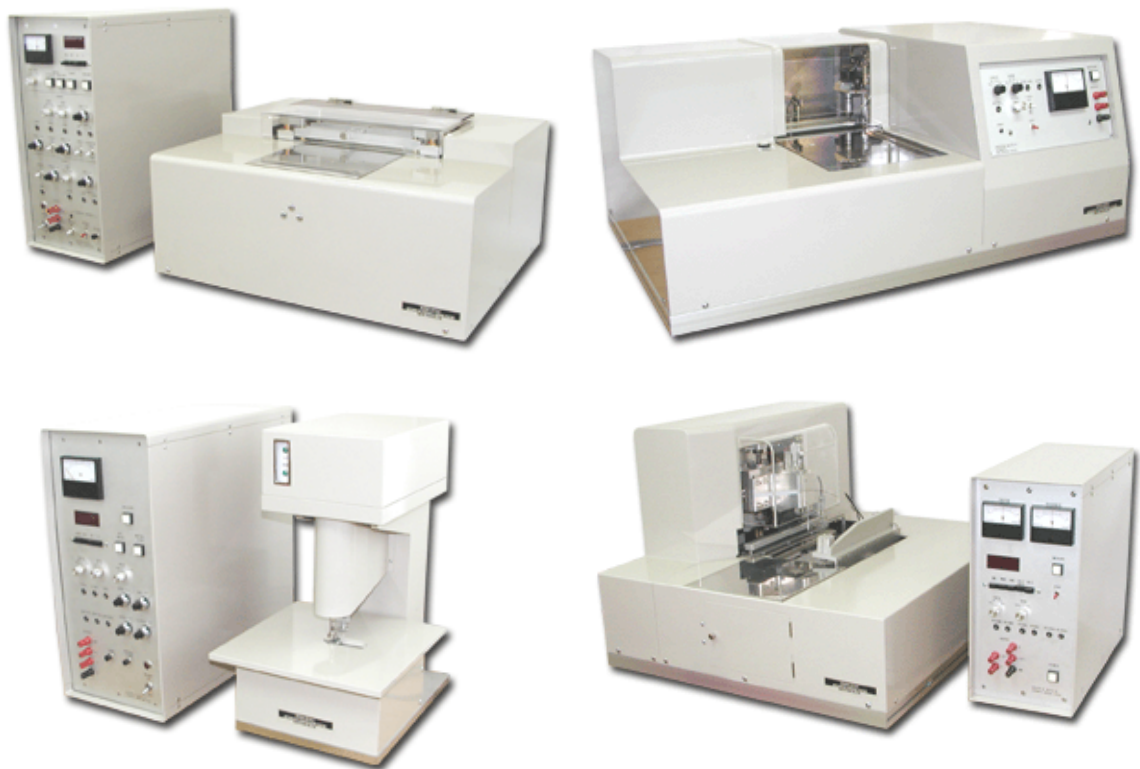
Příkladem kontaktního přístroje je systém KES, Tloušťkoměr SDL m034/1 a přídavné zařízení k dynamometru TIRATEST založené na snímání odporu síly potřebné k pohybu hrotu po povrchu textilie. [17]

2.4.2.1.1 KES systém (Kawabata Evaluation System)

Tento přístroj je součástí vybavení Technické Univerzity v Liberci. Je umístěn na katedře oděvnictví FT.

KES systém pracuje na základě korelace mezi subjektivními pocity (hladkost, měkkost, tuhost, plný omak, křehkost a tvrdost) a fyzikálními charakteristikami. [20]

Kawabatův KES systém (obr. 17) se skládá ze čtyř přístrojů. Systém měří ohybové, tahové, tlakové, smykové a povrchové vlastnosti textilií při speciálních deformačních podmínkách, které simulují namáhání oděvních textilií při běžném používání. Výstupem je 16 mechanických vlastností souvisejících s omakem. KES systém byl vytvořen pro predikci omaku textilií. Je používán zejména pro tkaniny. Měření vyhodnotí omak pomocí výsledné hodnoty omaku, tzv. THV (total hand value), která vychází ze všech měřených charakteristik. [17]



Obr. 17 Systém KES pro měření omaku tkanin [22]

Měřené vlastnosti se dělí do několika skupin [21]:

- tahové – linearita [-], deformační práce [Ncm.cm^{-2}], pružnost [%]
- smykové – tuhost ve smyku jako směrnice přímky [$\text{N.cm}^{-1}.\text{°}$], hystereze při úhlu smyku $\theta=0,5^\circ$ [Ncm]
- ohybové – tuhost v ohybu na jednotku délky [Ncm.cm^{-2}], moment hystereze na jednotku délky při $\theta=0,5^\circ$ [Ncm.cm^{-2}], moment hystereze na jednotku délky při $\theta=5^\circ$ [Ncm.cm^{-2}]
- objemové – linearita [-], tloušťka (funkce rostoucího přitlaku), energie potřebná ke stlačení [Ncm.cm^{-2}], pružnost [%]
- povrchové – průměrný koeficient tření [-], průměrná odchylka koeficientu tření [-], průměrná geometrická drsnost [μm]
- konstrukční – plošná hmotnost [g.m^{-2}]

Součástí experimentu bude zjišťování povrchových vlastností textilií pomocí systému KES. Plošná hmotnosti textilií byla zjištěna zvážením vzorku o určité ploše.

Princip měření povrchových charakteristik spočívá v získání profilu povrchu pomocí snímače. Snímač je hlavní částí Kawabatova systému a je tvořen drátem o průměru

0,5 mm. Pohybuje se rychlostí 1 mm.s^{-1} na úseku dlouhém 20 mm. Rychlost pohybu je konstantní. Software připojený k přístroji graficky zaznamenává kolísání výšky profilu povrchu, tzv. SHV (Surface Height Variation). [17]

Tento systém měření omaku, resp. drsnosti povrchu, má mnoho výhod i nevýhod.

Výhody měření drsnosti textilií systémem KES jsou [19]:

- přímé grafické a statistické zpracování výsledků
- konstrukce systému je vhodná pro běžné oděvní materiály
- jednoduchost a časová nenáročnost měření

Nevýhodami tohoto systému měření drsnosti textilií jsou [19]:

- příliš citlivé čidlo snímající profil povrchu textilie
- měření omezeno tloušťkou materiálů a je nevhodné pro extrémně drsné a hrubé materiály
- nepřesné měření u pletenin (při měření dochází k roztažení textilie, a to má za následek zkreslení výsledků)

Na základě nevýhod systému KES jsou neustále vyvíjeny nové přístroje pro objektivní hodnocení omaku textilií.

2.4.2.1.2 Tloušťkoměr SDL m034/1

Tento přístroj je standardně používán k zjišťování tloušťky textilií. Pro zjišťování drsnosti textilií je tloušťkoměr (obr. 18) používán pro snímání profilu povrchu textilií. Tloušťka textilních materiálů je zjišťována ve stanovených délkových intervalech. Software, který je připojen k tloušťkoměru, zaznamenává tloušťku textilií graficky i číselně. Tento software také slouží k nastavení definicí, které budou měřit proměnlivou tloušťku vzorku po celé nastavené délce zkoušeného materiálu. Údaje o tloušťce jsou v průběhu měření zaznamenávány do paměti. Tyto zaznamenané hodnoty je možné znovu vyvolat a kontrolovat je. [17]



Obr. 18 Tloušťkoměr [23]

Výstupní hodnotou je záznam tloušťky v mm. Tato data jsou vstupními hodnotami do výpočetního modelu DRSNOST v softwaru Matlab na KTM TUL. [17]

2.4.2.1.3 Přídavné zařízení k dynamometru TIRATEST pro měření drsnosti

Přídavné zařízení bylo zkonstruováno za účelem objektivního hodnocení drsnosti povrchu textilií. Principem této metody je snímání odporu, který je dán silou potřebnou k pohybu bříty po textilním povrchu. Tímto zařízením je získávána hodnota SFV (Surface Force Variation), která je udávána profilem kolísání síly. Hodnota SFV by měla být úměrná s hodnotou měření profilu výšky SHV (Surface Height Variation) dráhy. Výstupní hodnotou přídavného zařízení k dynamometru je záznam síly potřebné k pohybu bříty. [17]

2.4.2.2 *Bezkontaktní metody měření drsnosti povrchu*

Bezkontaktní metodou je nazývána taková metoda, kdy snímač není v kontaktu s povrchem vzorku. Tyto přístroje mohou povrch snímat např. laserovým paprskem, což je případ přístroje Talysurf CMI 500. Na tomto přístroji bude zjišťována drsnost povrchu textilních vzorků.

Tyto metody jsou nejčastěji čistě optického charakteru. Zkoušený povrch není těmito metodami poškozen ani deformován. Bezdotykové přístroje pracují na principu světelného řezu nebo stínové metodě šikmého řezu. Jsou doplněny interferenčními metodami měření drsnosti povrchu a optickými metodami měření nosného podílu. Tyto přístroje jsou používány především ve strojírenství, svou konstrukcí a parametry však nejsou vhodné pro využití v oblasti zkoušení textilních materiálů. V textilním odvětví jsou jako objektivní bezkontaktní metody využívány metody optické. Jejich princip je tvořen světelným zdrojem, optickým systémem, který usměrňuje světelný zdroj, optickým systémem usměrňující světelný paprsek a snímacím zařízením, což je fotodiody nebo systém CCD kamer. [17]

2.4.2.2.1 Optické metody

Principem těchto metod je studium odrazu světla z povrchu. Světlo je monochromatické, zdrojem světla je např. laser nebo svazek optických vláken. Některé optické metody musí zohlednit veškeré odražené světlo, zatímco jiné metody pracují s polarizací tohoto světla. [20]

Intenzita odraženého laserového paprsku je převáděna na signál elektrického napětí pomocí fotodiody. Tento signál je zpracováván Fourierovou analýzou. Nevýhodou přístroje je citlivost na chování laserového paprsku (odrazivost paprsku, citlivost na změny lesku, odstínu a barvy textilie). [17]

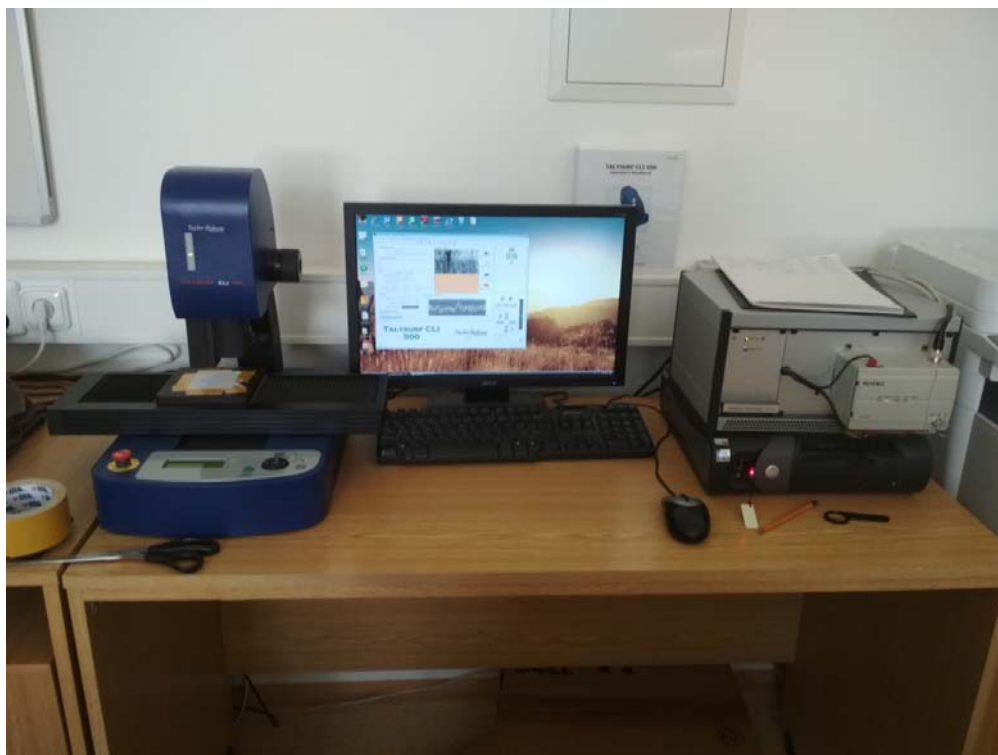
2.4.2.2.2 Zpracování obrazu a fraktální metody

Další bezkontaktní metoda pro hodnocení drsnosti povrchu se skládá z metod založených na zpracování obrazu a fraktální dimenzi. Profil povrchu je zde získáván pomocí kamer a obrazové analýzy. Fraktální dimenze je určena na základě údajů vypočítaných z profilu povrchu. Konečný výpočet drsnosti povrchu je proveden pomocí fraktální dimenze. [20]

2.4.2.2.3 Talysurf CLI 500

Tento přístroj je majetkem Technické Univerzity. Bude použit pro hodnocení povrchové drsnosti textilních vzorků.

Talysurf (obr. 19) je bezkontaktní přístroj pro měření struktury a drsnosti textilního povrchu. Maximální velikost plochy, na které je tento přístroj schopen měřit, je 200x50 mm. Přístroj má také nastavitelnou výšku, která se mění v závislosti na tloušťce textilie. Princip snímání je založen na světelném paprsku zaostřeném na měřený povrch textilie. Světelným zdrojem je laser. Podle změn odraženého světla jsou zaznamenávány odchylky textury povrchu zkoušeného materiálu. Řádky vzorku jsou určující drahou, po které se pohybuje světelný zdroj. Postupným skládáním jednotlivých profilů je vykreslena celá plocha snímaného vzorku. [18]



Obr. 19 Přístroj Talysurf CLI 500

Rozsah snímače, směr měření a typ snímače je zvolen před každým měřením. V případě Talysurfu, který bude využíván pro experimentální část práce, je typ snímače laser. Dalšími parametry, které je nutné nastavit před zahájením měření, jsou rychlost snímání, velikost snímané plochy a výsledné rozlišení. Měření na tomto přístroji je časově náročné. Celkový čas měření je velmi ovlivněn rychlostí snímání a velikostí snímané plochy. [18]

Výhodami tohoto přístroje a typu měření jsou [18]:

- oboustranné snímání povrchu
- schopnost měřit citlivé, měkké a pružné materiály (pleteniny)
- optické měřidlo je méně náchylné k opotřebení a poškození
- snímá pouze výšku povrchu (nesnímá barvu, ...) – výhoda u vzorovaných textilií

Nevýhodou je velká finanční investice na pořízení přístroje a dlouhá doba snímání vzorku v závislosti na nastavení parametrů. [18]

3 Pleteniny

Jsou to plošné textilní útvary vyráběné na pletacích strojích. Pleteniny jsou využívány v oděvním průmyslu, zdravotnictví, v oblasti bytových textilií, i pro technické účely. V některých oblastech využití byly ostatní materiály zcela nahrazeny pleteninami, např. prádlové a punčochové zboží, sportovní oděvy. Po těchto oděvech je požadována především tažnost, pružnost, splývavost a příjemný omak.

3.1 Základní pojmy

V oboru pletení je mnoho pojmů, které je nutné objasnit pro porozumění procesu výroby pletenin. Pleteniny jsou tvořeny z jedné soustavy nití, která je buď rovná, nebo svislá. Z této soustavy nití jsou tvořeny elementární části pletenin, a to kličky (otevřené) a smyčky (uzavřené). Tyto elementární části tvoří základní vazební útvary pleteniny, očka. [24]

Očko – vznikne protažením kličky kličkou, smyčky smyčkou, nebo vzájemnou kombinací. Očko má několik částí, které jsou pojmenovány podle částí pletacího stroje. Očko je složeno z jehelního obloučku, platinových obloučků a ze stěn oka. Jsou dva typy oček, a to lícní (obr. 20 (a)) a rubní očko (obr. 20 (b)). **Očko lícní**

je charakteristické vyniknutím stěny oka, a **očko rubní** je charakteristické vyniknutím jehelních a platinových obloučků. Lící očko vzniká protažením nové smyčky nebo kličky zezadu dopředu předchozí kličkou, resp. smyčkou. Rubní očko pak vznikne protažením nové smyčky nebo kličky zepředu dozadu předchozí kličkou, resp. smyčkou. [24]



Obr. 20 Lící (a) a rubní (b) očko. [25]

Řádek pleteniny – je tvořen očky, která jsou v pletenině vázána ve vodorovném směru. Při pletení je řádek vytvářen jedním pracovním postupem [24]

Sloupek pleteniny – je tvořen očky uspořádanými ve svislém směru pleteniny. Očka jednoho sloupku jsou vytvořena na jedné jehle. [24]

3.2 Základní rozdělení pletenin

Pleteniny jsou nedílnou součástí oděvních textilií. Je možné je dělit podle typu použitého textilního materiálu pro jejich výrobu, typu tvorby pleteniny a podle vazby. Pleteniny jsou hojně využívány zejména pro jejich vysokou elasticitu, která zaručuje návratnost do původního tvaru. Velmi dobře se také přizpůsobují pohybu nositele. Finálními úpravami pletenin lze změnit jejich konečné vlastnosti, jako je vzhled, omak, tuhost atd.

Pleteniny mohou být děleny podle několika hledisek do skupin, které se vyznačují některými společnými znaky. Pro zbožíznalství je důležité znát materiál použitý na výrobu pletenin, a jakou technologií byly tyto pleteniny vyrobeny. [25]

Dělení pletenin podle použité technologie (soustavy nití) [25]:

- **zátažné** – je tvořena horizontálním kladením osnovy, očka tedy vznikají ve směru řádků. Tyto pleteniny je možné párat řádek po řádku.

- **osnovní** – je tvořena vertikálním, neboli podélným kladením osnovy, což je soustava několika nití. Jejich počet se řídí požadovanou hustotou sloupků pleteniny. Očka v řádcích mají každé vlastní nit, ze které je vytvořeno. Tyto pleteniny jsou obtížně paratelné z důvodu vzájemného provázání jednotlivých sloupů. Osnovní pleteniny jsou zhotovovány pouze jako jednolící nebo oboulící pleteniny.

Dalším typem dělení pletenin je dělení podle střídání lících a rubních oček na lící straně pleteniny, a to na pleteniny [25]:

- **jednolící** – všechna očka pleteniny jsou protahována stejným směrem, tedy zezadu dopředu. Z vrchní strany jsou vidět převážně stěny očka, které vytvářejí tzv. stromečky na povrchu pleteniny. Z rubu textilie jsou viditelné jehelní a platinové obloučky.
- **oboulící** – na lící straně pleteniny se v řádcích střídají lící a rubní očka buď pravidelně, nebo nepravidelně. Ve sloupcích jsou všechna očka pouze lící, nebo pouze rubní. Vazbu je možné vytvořit pouze na pletacím stroji se dvěma řadami jehel.
- **obourubní** – na lící straně pleteniny se ve sloupcích střídají lící a rubní očka buď pravidelně, nebo nepravidelně. Jednotlivé řádky jsou tvořeny pouze lícími nebo pouze rubními očky. Tento typ pletenin lze zhotovit pouze na dvoulůžkovém pletacím stroji.

Interlokové pleteniny jsou tvořeny ze dvou oboulících hladkých pletenin, které se vzájemně proplétají. Očka jsou k sobě obrácena rubem a jsou postavena proti sobě. Vytvářejí se tak tzv. interlokové řádky. [24]

Dalším hlediskem používaným pro dělení pletenin je typ použitého materiálu. V této kategorii jsou pleteniny děleny do čtyř skupin, a to [25]:

- **pleteniny bavlnářského typu** – jsou vyrobeny z bavlny nebo ze syntetických vláken. Tyto pleteniny svým charakterem připomínají pleteniny vyrobené z bavlny. Většinou se jedná o textilie s vysokým podílem bavlněných vláken.
- **pleteniny vlnářského typu** – jsou vyrobeny z vlny nebo syntetických vláken. Tyto pleteniny svým charakterem připomínají pleteniny vyrobené z vlny.

Většinou se jedná o textilie s vysokým podílem syntetických vláken, čímž jsou eliminovány některé nežádoucí vlastnosti vlněných vláken (plstivost, ostrý omak).

- **pleteniny hedvábnického typu** – jsou pleteniny vyrobené převážně ze syntetických multifilů
- **pleteniny lnářského typu** – jsou vyrobeny zpravidla ze směsi bavlněných a lněných vláken, kdy je větší podíl vláken bavlněných. Často jsou vyráběny v přírodní barvě suroviny. V pletařském odvětví je len za problematickou surovinu.

Pleteniny mohou být děleny také podle typu vazby na hladké, nebo vzorované. Vzor je možné vytvořit vazbou, doplňkovými nitěmi nebo potiskem pletenin. Vzor je možné vytvářet také kombinací barevných nití a typu vazby. [25]

3.3 Výroba pletenin

Ruční pletení pomocí pletacích jehlic bylo nahrazeno výkonnějšími průmyslovými stroji. Průmyslová výroba pletenin je efektivnější a přesnější, než ruční pletení. Postupem času byly vyvinuty různé typy přístrojů, které umožňovaly plést různé tvary textilií, jako jsou plošné, hadicové, délkové apod. Z pletenin jsou vyráběny oděvy, ložní prádlo, dekorační textilie, hračky, apod. Následující tři odstavce čerpají ze zdroje [24], *Textilní materiály pro 1. až 3. ročník SOU*.

Pleteniny se vyrábějí na pletacích strojích. Řady kliček jsou vzájemně provázány a tím vznikají oka. Tímto způsobem vzniká souvislá textilie. Podle typu soustavy nití je vyráběna buď osnovní, nebo zátažná pletenina. Osnovní pletenina je vyráběna ze svislé soustavy nití, zátažná pletenina je vyráběna z vodorovné soustavy nití.

Hlavním pracovním mechanismem pletacích strojů jsou jehly, které vytvářejí oka. Jehly mají různé tvary, a to podle typů pletacích strojů. Hlavními typy jehel jsou jehly háčkové a jazýčkové. Další důležitou součástí pletacích strojů jsou platiny. Tato součást pletacích strojů pomáhá při určitých fázích tvorby oka.

Osnovní pleteniny jsou vytvářeny na osnovních stávcích, rašlech a galonových stávcích. Galonový stávek má jehly uložené v kruhu. Rašly mohou být jednolůžkové nebo dvoulůžkové. Zátažné pleteniny jsou vyráběny na zátažné stávky a pletací stroje.

Zátěžné stávky mají jehly spojené v jeden celek, který se pohybuje společně. Pletací stroje mají jehly pohyblivé jednotlivě. Pro výrobu zátažných pletenin mohou být použity i okrouhlé pletací stroje, jejichž výstupem je hadice (pletený polotovar).

3.4 Vlastnosti pletenin

Pleteniny mají řadu vlastností, které ovlivňují zpracovatelnost textilií, komfort nošení, formu údržby a její životnost. Vlastnosti pleteniny mohou být ovlivněny např. změnou parametrů výroby a finálními úpravami textilií.

Výsledné vlastnosti pletenin je možné ovlivnit její strukturou (konstrukcí). Vazba, která je tvořená jednotlivými očky, má velký vliv na vzhledové i užitné vlastnosti. Vazbou je ovlivněna třeba prodyšnost, tažnost, splývavost, omak a drsnost a mnoho dalších užitných vlastností. Nicméně vzhledové a užitné vlastnosti jsou ovlivněny také dalšími parametry, jako je hustota pleteniny nebo použitý materiál. [25]

Jako nejtypičtější vlastnost pletenin je považována tažnost. Tato vlastnost popisuje přizpůsobení oděvu při pohybu nositele. Je ovlivněna vazbou pleteniny. Zátěžné pleteniny mají vyšší tažnost, než pleteniny osnovní. Tažnost je u pletenin velice žádanou vlastností, nicméně pletenina musí být také pružná, což zaručí její opětovné vrácení do původního tvaru. Pružnost je ovlivněna jak vazbou, tak typem použitých nití. [26]

Drsnost pletenin může být ovlivněna např. hustotou pleteniny, použitým materiálem pro výrobu pleteniny, jejich finálními úpravami a vazbou.

4 Tkaniny

Tkaniny jsou další formou plošných textilií. Jsou využívány v technickém, oděvním a bytovém odvětví textilního průmyslu. Tkaniny jsou také hojně využívány ve zdravotnictví. Jsou vyráběny na tkalcovském stavu různých typů. Jejich konstrukce spočívá v křížení minimálně dvou soustav nití.

4.1 Základní pojmy

Pro výrobu tkanin je nutné znát několik pojmů, které jsou vysvětleny v této kapitole. Jsou zde popsány základní prvky tkaniny, její znázorňování a hlavní vlastnosti, jako je dostava a vazba. Zdrojem informací pro následující pojmy byla publikace [26].

Soustava nití - je to určitý počet přízí položených v jednom směru tkaniny (po délce tkaniny a po šířce tkaniny).

Osnova – soustava nití položených po délce textile, která se provazuje druhou soustavou nití.

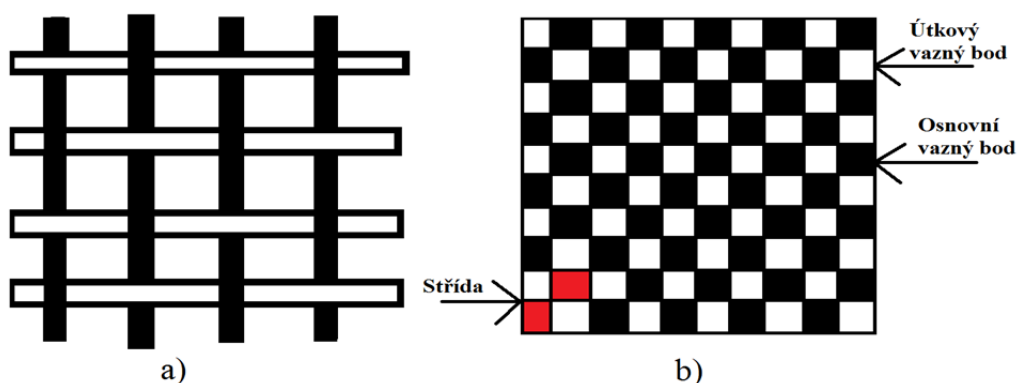
Útek – soustava nití kolmá na osnovní soustavu nití. Útek prokládá osnovu od jednoho okraje tkaniny k druhému okraji tkaniny.

Vazný bod – místo na tkanině, kde se kříží osnovní nit s nití útkovou. Pokud je osnovní nit na lící straně tkaniny, pak je to vazný bod osnovní, pokud je na lící straně tkaniny nit útková, pak je to vazný bod útkový. Způsob provázání pro plátnovou vazbu je na obr. 21 (a).

Dostava – dělí se na dostavu osnovy a dostavu útku. Dostava osnovy udává počet nití na jednotku délky (nejčastěji 10 cm). Dostava útku udává počet útkových nití na jednotku délky, tedy 10 cm. Dostava udává jemnost a hustotu tkaniny. Při vyšší dostavě (hustotě) je potřeba použít jemnější příze. Při nízké dostavě je nutné použít hrubější příze.

Vazba – je to způsob provázání osnovních a útkových nití. Vazba ovlivňuje různé vlastnosti výsledné tkaniny, jako jsou pevnost, pružnost, tuhost, hladkost, celkový vzhled apod. Vazby se dělí do 4 skupin, a to na vazby základní, odvozené, složené a ostatní vazební techniky.

Střída vazby – je to určitý počet osnovních a útkových nití, jejichž způsob provázání se pravidelně opakuje po délce i šířce tkaniny. Střída je tedy opakující se základní prvek vazby tkaniny. Střída plátnové vazby je znázorněna na obr. 21 (b).



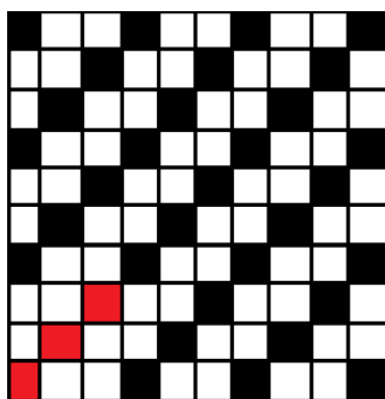
Obr. 21 Znárodnění plátnové vazby (a), vzornice plátnové vazby (b).

Vzornice – je to způsob zakreslení vazby, jejích osnovních a útkových vazných bodů. Osnovní vazný bod je značen plným čtverečkem (černý), útkový vazný bod je bílý. Osnovní vazné body ve střídě jsou vyznačeny jinou barvou, např. červenou.

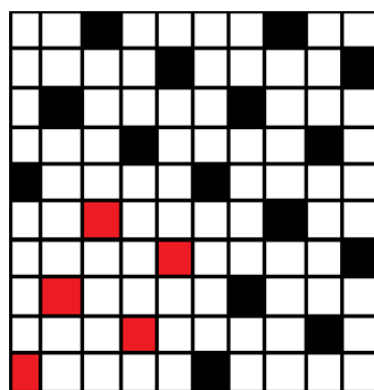
4.2 Vazby tkanin

Charakteristickou vlastností tkanin je jejich vazba. Ta určuje výsledný vzhled tkaniny a také její vlastnosti, jako je pevnost, tažnost apod. Nicméně tyto vlastnosti jsou ovlivněny také použitými přízemi. Tkaniny jsou tvořeny různými typy vazeb. Tyto vazby jsou rozděleny do čtyř skupin [26]:

- **základní** – plátnová, keprová, atlasová
 - plátnová (obr. 21) – nejjednodušší vazba, ve střídě jsou dva osnovní a dva útkové vazné body, oboustranné vazba (líc i rub tkaniny je shodný).
 - keprová (obr. 22) – typické je šikmé řádkování pod úhlem 45° při stejné dostavě osnovy a útku, osnovní (více osnovních bodů na lící straně tkaniny než bodů útkových) a útkový (více útkových bodů na lící straně tkaniny než bodů osnovních) kepr, základní kepr je třívazný (velikost střídý 3x3 vazné body), volnější provázání nití než u vazby plátnové.
 - atlasová (obr. 23) – ve střídě jsou ty vazné body, kterých je méně, rozmístěny tak, aby se vzájemně nedotýkaly. Základní atlas je pětivazný, tj. velikost střídý je 5x5 vazných bodů. Pro základní osnovní kepr je ve střídě 5 útkových bodů a zbytek jsou osnovní body, u útkového kepru je tomu naopak.



Obr. 23 Třívazný útkový kepr.



Obr. 23 Pětivazný útkový atlas.

- **odvozené** – odvozeniny vazeb základních, vznikají přidáním jednoho nebo více bodů k základní vazbě. Př.: panama, ryps, víceřádkový kepr, hrotový kepr, zesílený atlas, stínovaný atlas atd.
- **složené a volně sestavené** – vazba krepové, kanavová a vaflová
- **ostatní vazební techniky** – tkaniny s více než dvěma soustavami nití, např. tkaniny vlasové, smyčkové a dvojité

4.3 Dělení tkanin

Tkaniny se mohou dělit podle několika parametrů. Typ tkaniny je určen jejich plošnou hmotností, materiálovým složením, barvou přízí, typem zákrutu přízí, použitým tkacím stavem, použitím efektních nití vazbou apod. V této kapitole je popsáno několik způsobů dělení tkanin.

Tkaniny mohou být děleny na jednolícni a oboulícní. Jednolícni tkanina má ve střídě různý počet osnovních a útkových vazných bodů. Oboulícní tkanina má počet osnovních a útkových bodů ve střídě stejný.

Dělení tkanin podle typu použitého materiálu je následující [27]:

- **tkaniny bavlnářského typu** – tyto tkaniny jsou vyrobeny z bavlněných vláken chemických vláken bavlnářského typu nebo jejich směsí tak, aby tkaniny měly vzhled a charakter bavlněných tkanin.
- **tkaniny lnářského typu** – tyto tkaniny jsou charakteristické nestejnou jemností. Tkaniny mohou být vyrobeny ze 100 % lnu, směsí lněných a chemických vláken, nebo z chemických vláken. Pololněné tkaniny mají alespoň jednu 100% lněnou soustavu nití. Kotonizovaný len je len rozvolněný na bavlnářskou jemnost.
- **tkaniny vlnářského typu** – tkaniny z vlněných přízí, přízí vypředených z chemických vláken vlnářského staplu nebo směsí vlněných a chemických vláken, které mají charakter tkaniny z vlněných vláken.
- **tkaniny hedvábnického typu** – tkaniny z přírodního hedvábí, chemických nekonečných vláken nebo stříže a tkaniny vzniklé kombinací chemických vláken a pravého hedvábí. Výsledný vzhled má charakter hedvábné tkaniny.

Dalším typem dělení tkanin je podle použitého tkacího stavu, a to na [26]:

- **listové** – použitím listových tkacích strojů, jednoduché vazby, barevné vzorování možné pouze pravidelně, tkaniny mohou být hladké, pestře snované, pestře házené nebo pestře tkané.
- **žakárové** – použitím žakárových tkacích strojů, je zde možné různé vazební vzorování

Tkaniny mohou být děleny také podle konečné úpravy (textilní tisk, kalandrování, flaušová a velurová úprava, gaufrování, česání, kreš apod.) a výsledného barevného vzorování. Tkaniny výrazné svým barevným zpracováním mají speciální názvy, jako je např. filafil, rybí kostra, kaviár, pepř a sůl, apod. [27]

4.4 Výroba tkanin

Tkaniny byly dříve vyráběny na ručních tkacích stavech. Výroba tkaniny tímto způsobem byla velmi pomalá. V průběhu času se ruční tkací stavy nahradily automatickými, u nichž je výroba tkanin efektivnější.

Tkanina je vyráběna provazováním dvou nebo více soustav nití. Aby bylo možné tyto soustavy nití zpracovávat, je nutné je upravit. Tyto úpravárenské činnosti jsou nazývány jako příprava osnovy a příprava útku. Příprava osnovy je složena ze čtyř operací, a to [26]:

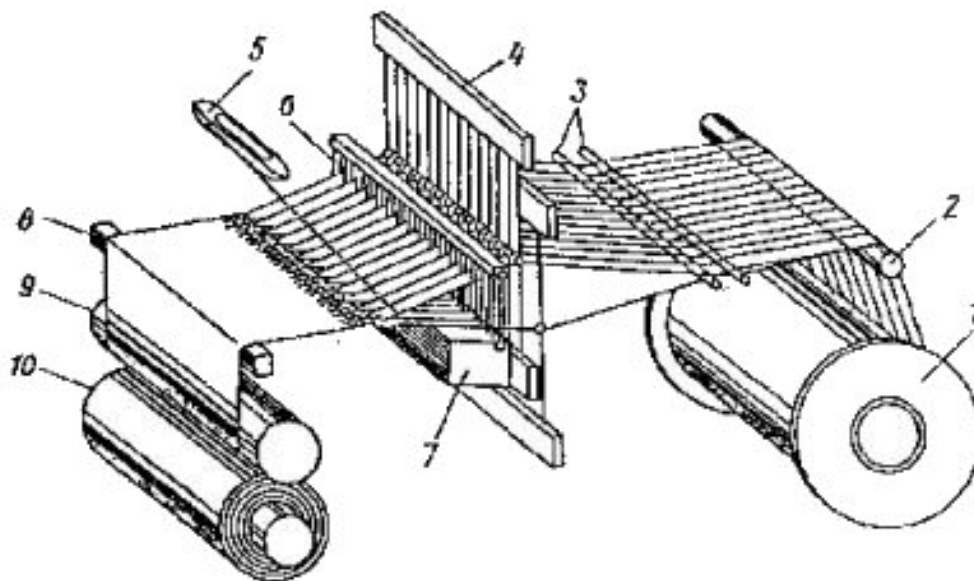
- **Soukání** spočívá v převinutí kratších návínů na malých cívkách na velké křížové cívky. Kratší náviny jsou spojeny v jeden delší na soukacích strojích. Je zde také kontrolována kvalita a čistota příze a jsou odstraněna vadná místa nití.
- **Snování** se provádí za účelem převinutí přízí z křížových cívek rovnoběžně vedle sebe na snovací vál nebo buben. Ze snovacích váľů nebo bubnů jsou nitě současně převíjeny na jeden osnovní vál.
- **Šlichtování** slouží ke zpevnění osnovních nití, snížení chlupatosti přízí a vytvoření ochranného obalu na povrchu přízí. Je prováděno na nasnovaných osnovních přízích. Typ šlichtovací lázně se liší dle druhu použitého materiálu. Příze procházejí šlichtovací lázní, poté probíhá odstranění přebytečné šlichty ždímáním a nakonec se příze suší a navíjejí zpět na osnovní vál.
- **Navádění** probíhá ručně. Je to operace, při které je každá osnovní nit provlečena očkem nitěnky a paprskem. Navádění lze nahradit strojovým navazováním, kdy

se nitě další osnovy naváží na předchozí osnovu, nebo přisukováním, kdy jsou nitě nové osnovy spojeny zkroucením s předchozí osnovou.

Příprava útku závisí na typu tkacího stroje, na kterém je tkanina tkána. Při použití člunkových tkacích strojů musí být útek převinut na útkové cívky pro člunek. Při tkaní na bezčlunkových tkacích strojích je útek navinut na křížové cívky. [26]

Princip výroby tkanin

V této části je popsán způsob výroby tkaniny s popisem jednotlivých částí stroje zobrazených na obr. 24. Tkaniny jsou vyráběny prohazováním útkové nitě mezi osnovními. Osnovní nitě jsou navinuty na osnovním válu (1), odkud vedou přes osnovní svůrku (2) do tkací roviny. Pořadí osnovních nití je zajištěno pomocí křížových činek (3) v niťovém kříži. Ve tkací rovině jsou situovány nitěnky. Každá osnovní nit je provlečena očkem nitěnky. V listovém tkacím stroji jsou nitěnky situovány v tkacích listech (4). Soustava 2 nebo více listů se nazývá brdo. Žakárové tkací stroje nemají listy, jelikož každá nitěnka je samostatně pohyblivá. To umožňuje vytvářet komplikované vazebné vzorování na tkaninách. Při zdvihnutí některých listů, resp. nitěnek, se vytvoří prošlup mezi zvednutými osnovními nitěmi a osnovními nitěmi v základní poloze. Prošlupem se prohazuje útek pomocí zanašeče, resp. člunku (5). Za prošlupem je umístěn paprsek (6) na bidle (7), který udržuje osnovní nitě v požadované šíři. Paprsek zároveň přiráží útek k hotové tkanině při uzavírání prošlupu. Poté se vrací do původní polohy. Hotová tkanina je kolem prsníku (8) odtahována tažným válcem (9) a navíjena na zbožový vál (10). [24]



Obr. 24 Schéma tkacího stroje. [28]

Pokud je tkanina tkána na bezčlunkových tkacích strojích, je zanášení útku možné několika způsoby. Útek v tomto případě je zanášen jednou nebo dvěma jehlami na jehlových strojích, pomocí skřípce na strojích skřípcových, vodou na tryskových hydraulických strojích nebo vzduchem na tryskových pneumatických strojích. [24]

4.5 Vlastnosti tkanin

Výsledné vlastnosti tkanin jsou ovlivněny jak vlastnostmi vstupních přízí, tak přípravou přízí pro tkání a proces tkání. Významný vliv na výsledné vlastnosti tkanin má také vazba tkaniny. Všechny tyto vstupní parametry jsou proměnné, lze tedy změnit vlastnosti tkaniny změnou některých nebo všech vstupních parametrů. Výsledné vlastnosti tkaniny mohou být změněny také po utkání pomocí finálních úprav, jako je žehlení, potisk, kalandrování, počesání, opalování, vodoodpudivá úprava, nehořlavá úprava apod.

5 Textilní vzorky použité pro experimentální část

Pro predikci subjektivní drsnosti textilií a její verifikaci je nutné objektivně naměřit charakteristiky spojené s povrchem textilií, jako je omak, jehož součástí je i drsnost. Z těchto experimentálně zjištěných charakteristik spojených s povrchem textilií a dat získaných pomocí subjektivního omaku bude zjišťován vliv finálních úprav textilií na její drsnost.

Objektivní hodnocení drsnosti bude probíhat na předem získaných vzorcích pletenin a tkanin. Pleteniny jsou v různých vazbách. Tkaniny jsou v plátnové vazbě se stejnou dostavou osnovy, ale různou dostavou útku. V následujícím experimentu nebude brán ohled na vliv struktury textilie na drsnost jejího povrchu, ale pouze na vliv finálních úprav na výslednou drsnost povrchu textilií.

Pletené vzorky byly pořízeny ve spolupráci s projektem GTS (Gentle to skin). Výzkum, který byl proveden pro zjištění vlastností vyhodnocených potenciálními zákazníky prodejen oblečení za nejpožadovanější u jimi nakupovaných oděvů, prokázal, že nejžádanější jsou hladké bavlněné textilie. Na základě tohoto výzkumu byly zvoleny pleteniny převážně z bavlněných vláken. Pletené vzorky jsou děleny na dva typy textilií, a to na textilie rezné (raw) a bělené (customer). U vzorků byly zjišťovány některé vlastnosti, jako je plošná hmotnost (pomocí kalibrovaných vah) a počet řádků a sloupků (pomocí makroskopu). Složení vzorků bylo stanoveno výrobcí těchto textilií. Přehled pletených vzorků je uveden v tabulce 1. V té samé tabulce jsou také vyznačeny sady vzorků, kdy sady A-G mají po 2 kusech vzorků.

Vzorky nazvané **raw** jsou vyrobeny z materiálů přírodní barvy. Vzorky nazvané **customer** mají finální úpravu bělení. Vzorky se řadí do skupiny zátažných pletenin. Jsou zde zastoupeny dvě vazby pletenin, a to hladká jednolící a interloková.

Tabulka 1 Přehled výrobcem stanovených vlastností vzorků

Označení sady	Číslo vzorku	Název vzorku	Typ vzorku	Složení
A	1	EXP1-raw	hl. jednolícní zátažná pletenina	95 % CO/ 5 % EL
	2	EXP1-customer	hl. jednolícní zátažná pletenina	95 % CO/ 5 % EL
B	4	EXP2-raw	hl. jednolícní zátažná pletenina	100 % CO
	5	EXP2-customer	hl. jednolícní zátažná pletenina	100 % CO
C	7	EXP3-raw	zátažná interloková pletenina	100 % CO
	8	EXP3-customer	zátažná interloková pletenina	100 % CO
D	10	EXP4-raw	hl. jednolícní zátažná pletenina	97 % CO/ 3 % EL
	11	EXP4-customer	hl. jednolícní zátažná pletenina	97 % CO/ 3 % EL
E	13	EXP5-raw	hl. jednolícní zátažná pletenina	100 % CO
	14	EXP5-customer	hl. jednolícní zátažná pletenina	100 % CO
F	16	EXP6-raw	hl. jednolícní zátažná pletenina	50 % PES/ 50 % CO
	17	EXP6-customer	hl. jednolícní zátažná pletenina	50 % PES/ 50 % CO
G	19	EXP7-raw	zátažná interloková pletenina	100 % CO
	20	EXP7-customer	zátažná interloková pletenina	100 % CO

Vzorkové textilie jsou určeny pro oděvní využití. Výrobky, které budou z těchto textilií vyráběny, budou v přímém kontaktu s pokožkou. Textilie budou použity pro výrobu triček pro běžné nošení. Všechny vzorkové textilie jsou antimikrobiální a splňují Oeko-Tex Standard 100. Tyto textilie mohou být použity pro výrobu oděvů pro děti, které jsou mladší 3 let.

V tabulce 2 jsou znázorněny zjištěné vlastnosti textilních vzorků, jako je hustota řádků a sloupků a plošná hmotnost textilií.

Tabulka 2 Přehled zjištěných vlastností vzorků

Označení sady	Číslo vzorku	Počet sloupků [cm⁻¹]	Počet řádků [cm⁻¹]	Plošná hmotnost [g/m²]
A	1	32	26	186
	2	49	16	181
B	4	28	18	189
	5	37	19	212
C	7	33	28	177
	8	37	31	179
D	10	19	12	133
	11	30	18	134
E	13	26	24	149
	14	23	16	160
F	16	23	11	185
	17	18	13	186
G	19	31	24	185
	20	25	14	189

Tkané vzorky byly již dříve použity pro subjektivní hodnocení omaku v jiné diplomové práci [29]. Dostava osnovy pro tyto vzorky je jednotná, a to 42 nití na centimetr. Dostava útku se mění. Tyto vzorky jsou rozděleny do čtyř skupin, kdy každá skupina má jinou úpravu. V každé skupině je 5 vzorků, které se liší dostavou útku. Pro každou úpravu a režnou formu tkaniny jsou vždy zastoupeny všechny dostavy útku. Tkaných vzorků je celkem 20. Tkaniny mají plátňovou vazbu. Materiálové složení všech tkaných vzorků je 100 % polyester.

Na tkaninách byly provedeny následující úpravy:

- UNI HF (hydrofobní úprava)
- UNI NOFLAM (nehořlavá úprava)
- UNI

Vzorky bez úpravy byly označeny jako REŽNÁ. V tabulce 3 jsou popsány vlastnosti jednotlivých vzorků tkanin. Je zde uvedena jejich úprava, plošná hmotnost dostava osnovy a útku, vazba a materiálové složení.

Tabulka 3 Popis tkaných vzorků použitých při experimentálním hodnocení. [29]

Název	Úprava	Plošná hmotnost [g/m ²]	Dostava osnovy [cm ⁻¹]	Dostava útku [cm ⁻¹]	Vazba	Materiálové složení
T1	UNI HF	83,52	42	21	plátňová	100% PES
T2	UNI HF	84,6	42	23	plátňová	100% PES
T3	UNI HF	90,16	42	25	plátňová	100% PES
T4	UNI HF	92,64	42	27	plátňová	100% PES
T5	UNI HF	97,48	42	29	plátňová	100% PES
T6	UNI NOFLAM	84,24	42	21	plátňová	100% PES
T7	UNI NOFLAM	87,12	42	23	plátňová	100% PES
T8	UNI NOFLAM	91,08	42	25	plátňová	100% PES
T9	UNI NOFLAM	94,24	42	27	plátňová	100% PES
T10	UNI NOFLAM	98,44	42	29	plátňová	100% PES
T11	UNI	81,04	42	21	plátňová	100% PES
T12	UNI	85,12	42	23	plátňová	100% PES
T13	UNI	88,6	42	25	plátňová	100% PES
T14	UNI	92,12	42	27	plátňová	100% PES
T15	UNI	96,32	42	29	plátňová	100% PES
T16	REŽNÁ	74,96	42	21	plátňová	100% PES
T17	REŽNÁ	77,72	42	23	plátňová	100% PES
T18	REŽNÁ	81,44	42	25	plátňová	100% PES
T19	REŽNÁ	86,64	42	27	plátňová	100% PES
T20	REŽNÁ	90,56	42	29	plátňová	100% PES

6 Subjektivní hodnocení drsnosti textilií

Pro zjištění závislosti mezi subjektivním a objektivním hodnocením drsnosti textilií je nutné zjistit, jak je drsnost těchto textilií vnímána lidmi. Pro získání této informace slouží subjektivní hodnocení, které spočívá v přiřazení určité hodnoty z předem stanovené škály k jednotlivým vzorkům textilie.

Subjektivní hodnocení textilií probíhalo v termínu od 26.3.2018 do 6.4.2018. Hodnocení probíhalo v odpoledních hodinách, a to ve volném čase respondentů. Záznamový arch pro zaznamenávání stupně drsnosti pro jednotlivé textilní vzorky stanovených respondentem je zobrazen v příloze 1.

Pro subjektivní hodnocení drsnosti textilií byla využita pětistupňová ordinální škála s využitím polárního páru, který je tvořen pojmy hladký a drsný (tabulka 4). V tabulce 4 je zobrazeno přiřazení číselných hodnot k slovnímu významu hodnocení.

Tabulka 4 Ordinální škála pro drsnost.

Číselné řazení	Slovní význam
1	Drsný
2	Podprůměrný
3	Průměrný
4	Nadprůměrný
5	Hladký

Textilní vzorky byly hodnoceny 30 respondenty. Mezi respondenty bylo 7 mužů a 23 žen ve věkové kategorii 22 až 55 let. Jediná stanovená podmínka pro výběr respondentů byla kladná odpověď na otázku, zda při výběru oblečení a bytových textilií používají své ruce. Jelikož není známa celková velikost populace s touto vlastností, byli respondenti vybíráni náhodně a nezávisle na pohlaví, místě bydliště a věku. Respondenti byli poučeni o tom, co je drsnost a omak. Hodnocení spočívalo na jejich vnímání, nebyl stanoven žádný vzorek, který by měl definovanou drsnost a omak.

6.1 Vyhodnocení subjektivního hodnocení drsnosti

Jednotlivé výsledky subjektivního hodnocení drsnosti tkanin je uvedeno v příloze 2, která zobrazuje tabulku hodnocení jednotlivých hodnotitelů pro jednotlivé tkaniny. Jednotlivé výsledky subjektivního hodnocení drsnosti pletenin je uvedeno v příloze 3, která zobrazuje tabulku hodnocení jednotlivých hodnotitelů pro jednotlivé pleteniny.

Vyhodnocení výsledků subjektivního hodnocení spočívá ve zjištění výběrového mediánu a intervalu spolehlivosti pro populační medián. Postup výpočtu výběrového mediánu je složen z několika kroků:

- 1) zjištění absolutních, relativních a kumulativních četností v třídách pro každý vzorek
- 2) zjištění mediánové kategorie pro každý vzorek
- 3) výpočet výběrového mediánu pomocí korekce mediánové kategorie

Drsnost je v tomto případě rozdělena na pět kategorií, které na sebe navazují. Tyto kategorie jsou zobrazeny v tabulce 4. První kategorie, tedy číslo 1, je nejhorší, zde nejvíce drsné. Pro jednotlivé vzorky je v každé kategorii určitý počet výběrových četností. Tyto četnosti jsou počty hodnotitelů, kteří u i-tého vzorku hodnotili určitou kategorií (stupněm 1 až 5). Výběrové četnosti pro testované vzorky jsou zobrazeny v tabulce 5.

Tabulka 5 Výběrové četnosti v kategoriích pro jednotlivé vzorky.

C	1	2	3	4	5	Σ	C	1	2	3	4	5	Σ
T1	0	0	0	18	12	30	P1	0	0	8	15	7	30
T2	0	0	2	10	18	30	P2	0	0	0	5	25	30
T3	0	0	3	16	11	30	P4	0	1	4	17	8	30
T4	0	1	3	12	14	30	P5	1	7	10	6	6	30
T5	0	1	8	11	10	30	P7	0	8	8	12	2	30
T6	0	2	10	13	5	30	P8	0	0	0	7	23	30
T7	0	3	10	14	3	30	P10	0	7	11	12	0	30
T8	0	3	12	13	2	30	P11	1	0	1	10	18	30
T9	1	5	19	5	0	30	P13	1	5	20	4	0	30
T10	0	8	11	9	2	30	P14	0	0	0	14	16	30
T11	0	0	6	9	15	30	P16	20	9	1	0	0	30
T12	0	0	7	12	11	30	P17	3	20	7	0	0	30
T13	0	2	15	9	4	30	P19	1	2	13	8	6	30
T14	0	1	10	15	4	30	P20	0	0	1	10	19	30
T15	0	2	10	13	5	30							
T16	24	6	0	0	0	30							
T17	18	9	3	0	0	30							
T18	17	11	2	0	0	30							
T19	18	11	1	0	0	30							
T20	29	1	0	0	0	30							

Pro každou kategorii byly vypočítány relativní četnosti jako podíl výběrové četnosti k celkovému počtu hodnotitelů a kumulativní četnosti i -té kategorie jako suma relativních četností od první kategorie po i -tou kategorii.

Mediánová kategorie je určována na základě nerovností, kdy kumulativní četnost mediánové kategorie je větší nebo rovno hodnotě 0,5 a zároveň kumulativní četnost kategorie o jednu menší než je mediánová kategorie, je menší než 0,5. Tento vztah je znázorněn v rovnici (19).

$$F_{Me-1} < 0,5, \text{ zároveň } F_{Me} \geq 0,5 \quad (19)$$

Mediánové kategorie Me jsou zobrazeny v tabulce 7. Na základě této mediánové kategorie, její relativní a kumulativní četnosti je počítán výběrový medián. Vztah pro výpočet výběrového mediánu je zobrazen v rovnici (20).

$$Mh = Me + 0,5 - \frac{F_{Me-0,5}}{f_{Me}} \quad (20)$$

Výběrový medián Mh je odhadem populačního mediánu Med . Interval, který s pravděpodobností 95 % pokrývá hodnotu populačního mediánu, je konstruován postupem, který je složen z následujících kroků:

- 1) výpočet kumulativních četností pro dolní a horní mez
- 2) určení kategorií D a H obsahující vypočítané kumulativní četnosti
- 3) výpočet korekcí d a h
- 4) tvorba intervalu spolehlivosti na hladině α

Ke zjištění kumulativních četností je potřeba znát hodnotu distribuční funkce normovaného normálního rozdělení, která je pro hladinu významnosti 5 % rovna 1,96. Tato hodnota byla zjištěna ze statistických tabulek. Kumulativní četnost pro dolní mez je dána rovnicí (21).

$$F_D^* = 0,5 - 0,5 * \frac{u_{1-\frac{\alpha}{2}}}{\sqrt{N}} \quad (21)$$

Kumulativní četnost pro horní mez je dána rovnicí se stejnými hodnotami, ale součin je k hodnotě 0,5 přičítán. Rovnice (22) zobrazuje vztah pro zjištění kumulativní četnosti pro horní mez.

$$F_H^* = 0,5 + 0,5 * \frac{u_{1-\frac{\alpha}{2}}}{\sqrt{N}} \quad (22)$$

Pro zjištění kategorií D (pro dolní mez IS) a H (pro horní mez IS) jsou využity výše popsané kumulativní četnosti. Kategorie se zjistí pomocí nerovnic, kdy na jedné straně je již známá kumulativní četnost pro hledanou mez a na straně druhé je kumulativní četnost výběrových četností. Kategorie pro dolní mez F_D je dána nerovnicemi:

$$F_{D-1} < F_D^* \quad \text{zároveň} \quad F_D \geq F_D^*$$

Kategorie pro horní mez F_H je tedy dána nerovnicemi:

$$F_{H-1} < F_H^* \quad \text{zároveň} \quad F_H \geq F_H^*$$

Pro tvorbu intervalu spolehlivosti je potřeba znát korekce. Korekce pro dolní mez intervalu je dána rovnicí (23).

$$d = \frac{F_D^* - F_{D-1}}{f_D} \quad (23)$$

Pro výpočet korekcí je potřeba znát relativní a kumulativní četnost kategorie D pro dolní mez a také kumulativní četnost F_D^* , která byla vypočítána podle výše zmíněné rovnice. Korekce pro horní mez intervalu je počítána stejně, ale s hodnotami vypočítanými pro horní mez. Korelace pro horní mez je počítána podle rovnice (24).

$$h = \frac{F_H^* - F_{H-1}}{f_H} \quad (24)$$

Interval spolehlivosti, který s pravděpodobností $100 \cdot (1 - \alpha) \%$ pokrývá hodnotu populačního mediánu, je dán vztahem (25).

$$(D - 0,5 + d \leq Med \leq H - 0,5 + h) \quad (25)$$

Mediánová kategorie Me , výběrový medián Mh a interval spolehlivosti pro populační medián na hladině významnosti 5% byly vypočítány podle výše zmíněného postupu. Hodnoty těchto charakteristik jsou zobrazeny v tabulce 6. K jednotlivým vzorkům je v této tabulce přiřazeno pořadí podle velikosti výběrového mediánu, kdy jako první je označena textilie hodnocená nejvyšším číslem, což je slovně vyjádřené jako hladký vzorek.

Tabulka 6 Výsledné charakteristiky subjektivního hodnocení.

Vzorky	Me	Mh	Hranice IS		Pořadí	Typ úpravy
			Dolní	Horní		
T1	4	4,3	4	4,7	9/10	UNI HF
T2	5	4,7	4,3	5	3/4/5	UNI HF
T3	4	4,3	3,9	4,6	9/10	UNI HF
T4	4	4,4	4	4,8	8	UNI HF
T5	4	4,1	3,6	4,5	12/13	UNI HF
T6	4	3,7	3,3	4,1	16/17	UNI NOFLAM
T7	4	3,6	3,2	4	18	UNI NOFLAM
T8	3	3,5	3,1	3,9	19	UNI NOFLAM
T9	3	3	2,7	3,3	26/27	UNI NOFLAM
T10	3	3,1	2,7	3,7	25	UNI NOFLAM
T11	4	4,5	3,9	4,9	7	UNI
T12	4	4,2	3,7	4,6	11	UNI
T13	3	3,4	3	3,9	21	UNI
T14	4	3,8	3,4	4,1	15	UNI
T15	4	3,7	3,4	4,1	16/17	UNI
T16	1	1,1	0,9	1,4	33	REŽNÁ
T17	1	1,3	1	1,8	30/31/32	REŽNÁ
T18	1	1,4	1,1	1,8	29	REŽNÁ
T19	1	1,3	1	1,7	30/31/32	REŽNÁ
T20	1	1	0,8	1,2	34	REŽNÁ
P1	4	4	3,6	4,3	14	Režná
P2	5	4,9	4,7	5,1	1/2	Bělená
P4	4	4,1	3,8	4,4	12/13	Režná
P5	3	3,2	2,7	3,9	23/24	Bělená
P7	3	3,4	2,7	3,9	21	Režná
P8	5	4,9	4,6	5,1	1/2	Bělená
P10	3	3,2	2,7	3,7	23/24	Režná
P11	5	4,7	4,3	5	3/4/5	Bělená
P13	3	3	2,7	3,2	26/27	Režná
P14	4	4,6	4,2	4,9	6	Bělená
P16	1	1,3	1	1,5	30/31/32	Režná
P17	2	2,1	1,9	2,4	28	Bělená
P19	3	3,4	3	4,1	21	Režná
P20	5	4,7	4,4	5	3/4/5	Bělená

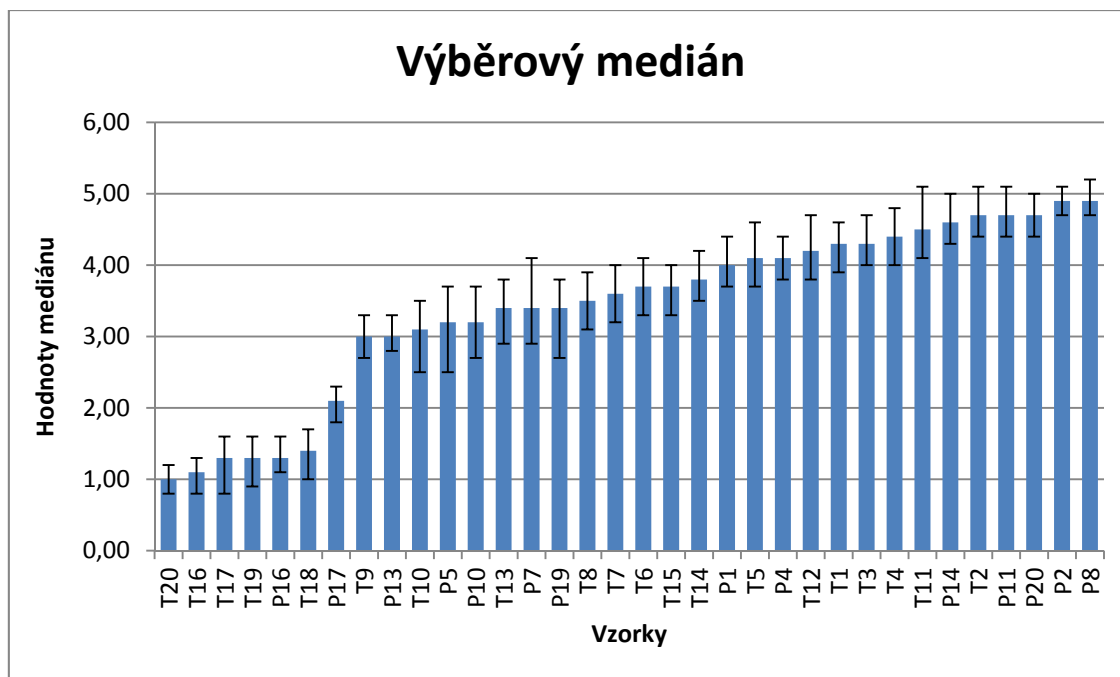
6.2 Diskuze k výsledkům subjektivního hodnocení

Ze subjektivního hodnocení vyplývá, že nejlépe hodnocené textilie jsou převážně pleteniny. Všechny pleteniny, které se umístily na pozici 1,2,3,4 a 5 byly bělené. Z tabulky také vyplývá, že bělené vzorky, až na vzorek č. 5, byly hodnoceny vyšším stupněm drsnosti, tedy že respondentům přišly bělené pleteniny hladší než pleteniny

režné. U vzorku P5 je pozorováno zhoršení v oblasti hladkosti. Nejlépe hodnocenou tkaninou je vzorek T2.

Tkaniny jsou rozděleny do 4 skupin podle typu úpravy. Nejvyšší drsnost respondenti pociťovali u režných vzorků, které byly hodnoceny stupněm 1, drsný. Tkaniny s úpravou UNI NOFLAM, nehořlavá úprava, byly hodnoceny jako průměrné, tedy číslem 3. Tkaniny s UNI HF, hydrofobní úprava, byly hodnoceny nejlépe z tkaných vzorků. Výběrový medián těchto tkanin je v rozmezí 4 a 5.

Na obr. 25 je graf znázorňující celkové zhodnocení drsnosti textilních vzorků subjektivní metodou. Vzorky jsou seřazeny dle výsledného stupně drsnosti. Jako nejhladší subjektivně hodnocená textilie byl vzorek P2. Vzorek P8 byl hodnocen jako druhý nejhladší a vzorek P20 byl hodnocen jako třetí nejhladší. Tyto tři vzorky pocházejí ze sady bělených pletenin. Sada tkanin s hydrofobní úpravou (vzorky T1 až T5) byly hodnoceny velmi dobře. Je možné říci, že tkaniny s touto úpravou mají nejvíce hladký omak ze všech sad testovaných tkanin. Obr. 17 také znázorňuje intervaly spolehlivosti pro populační medián. Intervaly spolehlivosti pro vzorky T20, T16, P16, T17, T18 a T19 se překrývají, což znamená, že tyto vzorky je možné prohlásit za shodné. Tyto vzorky se od sebe statisticky neliší a budou s pravděpodobností 95 % hodnoceny stejným stupněm drsnosti, který je v tomto případě stupeň 1. Vzorek P17 je statisticky odlišný od všech ostatních. Jeho interval spolehlivosti pro populační medián se nepřekrývá s žádným intervalem spolehlivosti ostatních vzorků. Interval spolehlivosti vzorku P2 se překrývá s 2. až 8. vzorkem. Těchto 8 vzorků se od sebe statisticky neliší.



Obr. 25 Graf seříděných hodnot výběrového mediánu subjektivního hodnocení drsnosti.

Výběrový medián bude použit pro určení předpovědi drsnosti povrchu textilií objektivní metodou.

7 Objektivní hodnocení drsnosti povrchu textilií

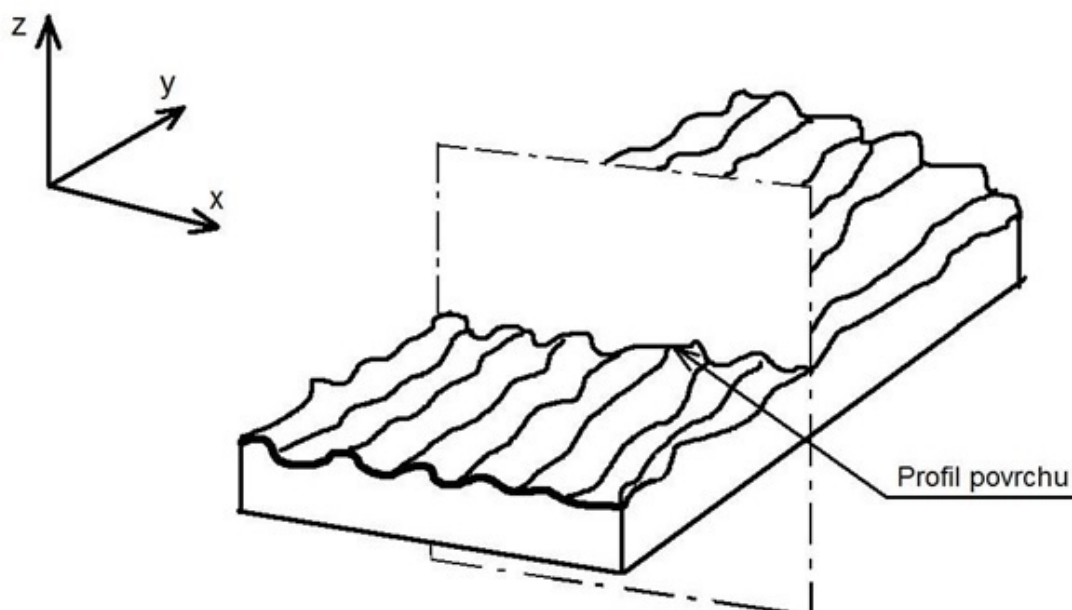
Drsnost textilií byla měřena přístrojem Talysurf CLI 500. Tento přístroj pracuje pomocí laserového snímání a vyhodnocování nasnímaného povrchu v programu Talymap. Na tomto přístroji byly měřeny všechny textilní vzorky. Textilních vzorků je celkem 34.

7.1 Měření na přístroji Talysurf CLI 500

Základem tohoto přístroje je laserový snímač povrchu, pomocí kterého je zjišťován tvar povrchu snímaného vzorku. Převod dat ze snímacího zařízení do formy datového souboru v počítači je možný za pomoci softwaru Talysurf CLI.

Povrch je tímto přístrojem definován jako měření obdélníkové plochy. Toto měření probíhá pomocí série paralelních pohybů laserového paprsku. Získaná data mají formu ve tvaru rovnice $z = f(x, y)$, kde z je výška povrchu, x je pozice během skenování a y je číslo stopy, která je právě snímána. [30]

Na obr. 26 je znázorněn směr snímání povrchu profilů. Tento směr je charakterizován osou x . Profil povrchu je znázorněn osou z . Osa y značí směr sloupků pleteniny a směr osnovy u tkanin.



Obr. 26 Profil povrchu se znázorněním os. [14]

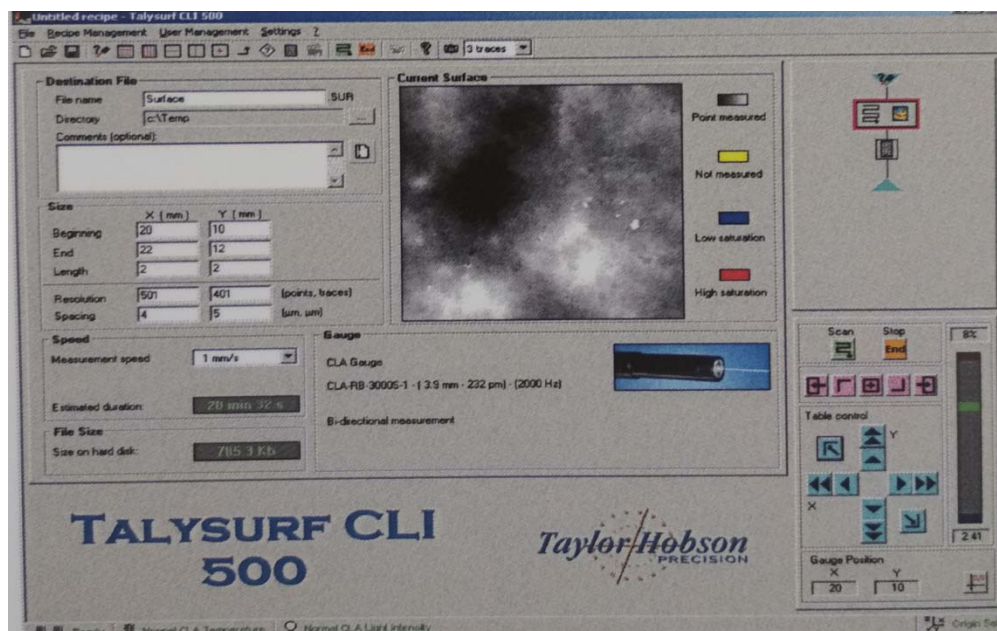
7.1.1 Volba základních parametrů měření

Maximální délka posuvu je rovna 50 mm. Zvolená hodnota délky posuvu neboli základní délka je 30 mm. Rychlost měření je 30 mm/s, což je maximální možná rychlost měření tohoto přístroje. Přístroj měří pouze při první cestě snímání, cesta, kdy se pohybující se část přístroje vrací nazpět, probíhá naprázdno. Vzdálenost jednotlivých měřených bodů a řádků je zvolena hodnotou 50 mikrometrů z důvodů časové náročnosti měření. Délka jednoho měření byla přístrojem odhadnuta na 50 minut. Při reálném měření je možné, že se celkový čas jednoho měření změní. Počet snímaných řádků je tedy v závislosti na počátku, délce posuvu a vzdálenosti jednotlivých bodů roven 601. Při snímání mohou vznikat neměřitelné body, které se odstraňují při vyhodnocování snímaného povrchu.

7.1.2 Postup měření

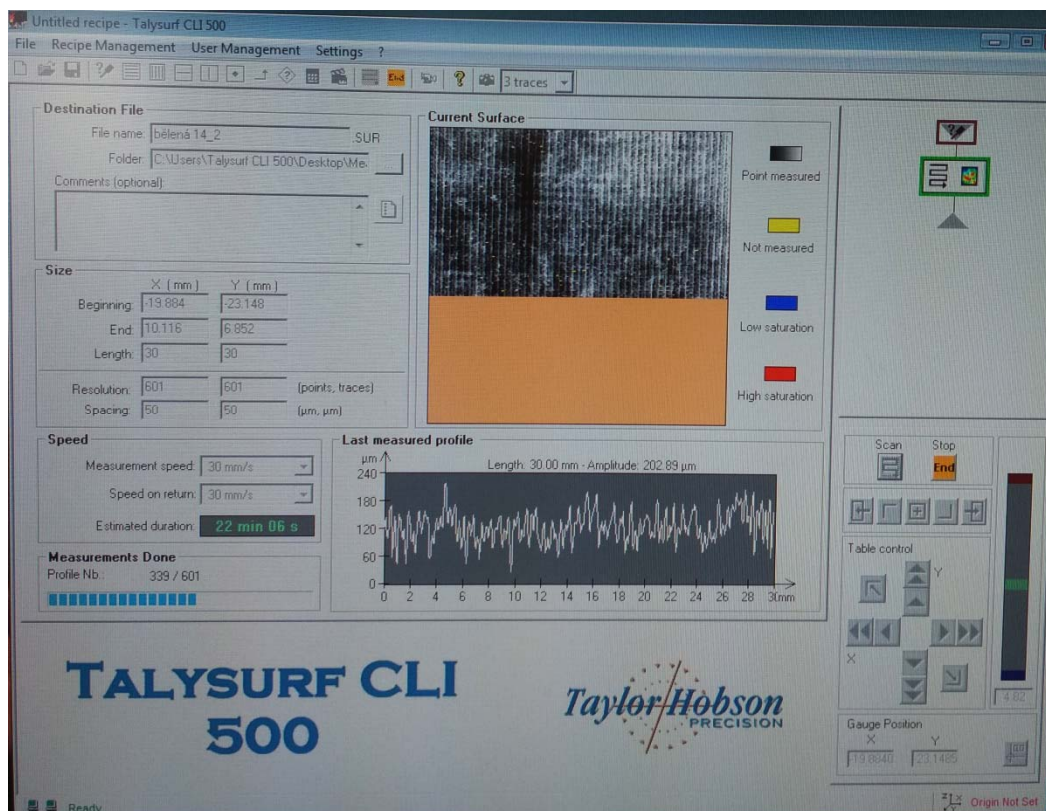
Pro zahájení měření je nutné vzorek textilie o minimální velikosti 5x5 cm vložit pod laserový paprsek a zafixovat jeho polohu, aby byl snímaný obrázek vyhodnotitelný. Poté je zapnut program Talysurf CLI pro snímání 3D povrchů. Pro zahájení měření byl zvolen směr snímání West-to-East. Je nutné stanovit počátek měření, a to pomocí ručního ovládání posuvu spodní části přístroje, na které je umístěn vzorek, nebo v pravé dolní části operačního okna (obr. 27). Poté následuje nastavení výše popsaných základních parametrů měření. Po nastavení těchto parametrů je spuštěno skenování

povrchu vzorku pomocí tlačítka **Scan**. Před zahájením skenování je možné nastavit složku, kam se skenovaný povrch bude ukládat.



Obr. 27 Operační okno přístroje Talysurf CLI 500 po doběhnutí měření. [30]

Skenovaný povrch je možné sledovat ve stejném pracovním okně, kde jsou nastavovány základní parametry měření. Na obr. 28 je vidět průběh skenování povrchu textilie. Pod obrazem, který je tvořen osami x, y a z, je vidět profil právě skenované osy x. Při každém posuvu na další řádek je zde patrný aktuální profil povrchu snímaného vzorku. Velikost odchylek od základní roviny je určena osou z. Možnosti posuvu laserového paprsku a přenastavení parametrů jsou v průběhu měření nemožné.



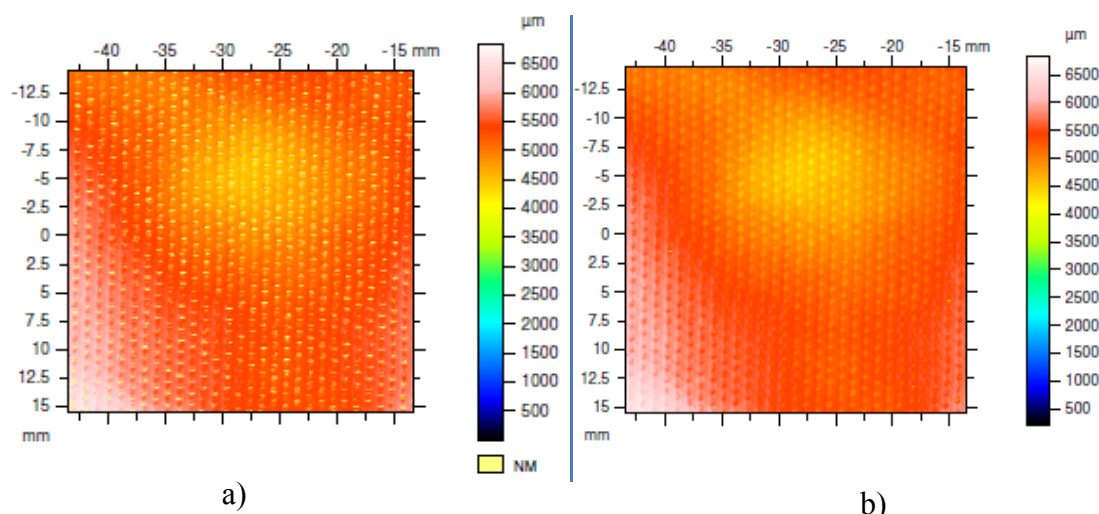
Obr. 28 Operační okno přístroje Talysurf CLI 500 v průběhu měření.

7.1.3 Vyhodnocení v programu Talymap

Počítačový program Talymap slouží k vyhodnocení 2D a 3D charakteristik povrchu výrobku, který je skenován přístrojem Talysurf. V programu Talymap je možné vytvoření fraktální analýzy, 3D vizualizace povrchu, profilů povrchu, a mnoha dalších operací. Pro výpočet charakteristik drsnosti je nutné z celkového povrchu vyselektovat 2D profil drsnosti. Obrazové ukázky byly získány ze vzorku P16.

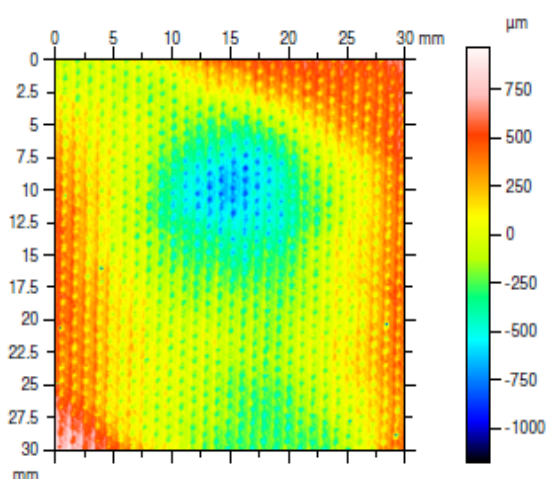
Na obr. 29 (a) je zobrazen nasnímaný povrch vzorku P16. Tento snímek je vstupním obrazem pro další vyhodnocování v programu Talymap. Pixely, které mají světle žlutou barvu, značí nenaměřené body při skenování. Tato chyba je způsobena odražením laserového paprsku nebo vysokou pórozitou snímaného materiálu. Rozměry v tomto obraze nejsou shodné s reálnými rozměry. Tato neshoda rozměrů je opravena v jednom z dalších bodů vyhodnocování obrazu v programu Talymap. Čím je povrch snímaného vzorku vyšší, tím je obraz světlejší. Výška vzorku je číselně znázorněna barevnou osou v pravé části obr. 29. Různě barevné pole na obraze je známkou určité vlnitosti způsobené charakteristickým chováním textilií a typem upnutí vzorku do přístroje. Naměřené výškové hodnoty jsou udávány v mikrometrech. Rozměry snímaného obrazu jsou udávány v milimetrech.

Prvním krokem, který je proveden na vstupním obraze, je vyplnění nenaměřených bodů (fill non-measured point). Tato operace pracuje na dvou principech. Prvním principem je vyplňování nenaměřených míst pomocí minimální, průměrné nebo maximální naměřené hodnoty. Druhý způsob pracuje s hodnotami okolních pixelů. Pro vyhodnocování všech vzorků bylo využito druhého způsobu vyplnění nenaměřených míst. Při vyplnění míst byla provedena dilatace, která eliminuje výkyvy kolem vyplněných míst. Výsledkem je obraz bez nenaměřených bodů (obr. 29 (b)).



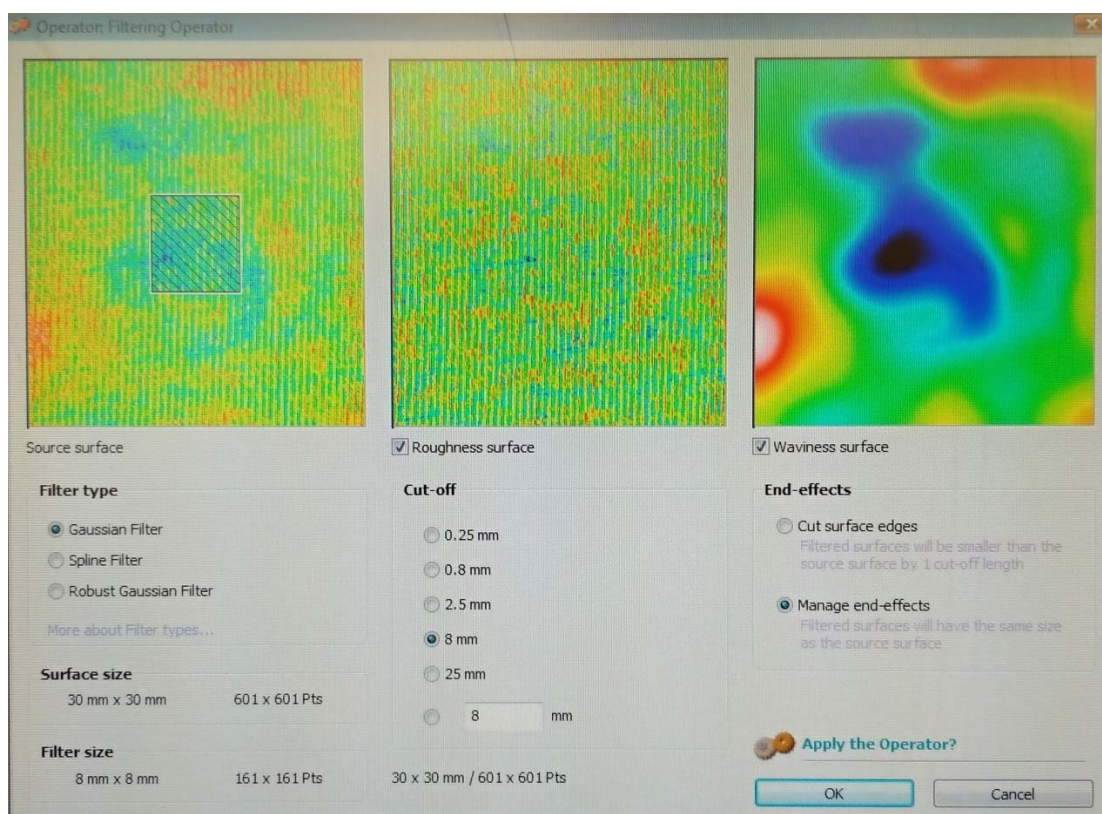
Obr. 29 Nasnímaný obraz (a) a obraz po vyplnění nenaměřených míst.

Pro srovnání rozměrů zobrazených na nasnímaném obrázku s reálnými rozměry byla provedena operace levelling. Tato operace provede srovnání nakloněné roviny. Na obr. 30 je patrné, že rozměry obrazu jsou shodné s rozměry snímaného povrchu, které byly nastaveny před začátkem snímání. Vlnitost vzorku je nyní měřena od nuly, tedy od základní čáry. Odchylky od základní čáry jsou znázorněny barevností obrazu. Číselné přiřazení k barevnosti vzorku je v pravé části obr. 30 pomocí svislé barevné osy. Žlutá místa na obraze značí nulovou hodnotu.



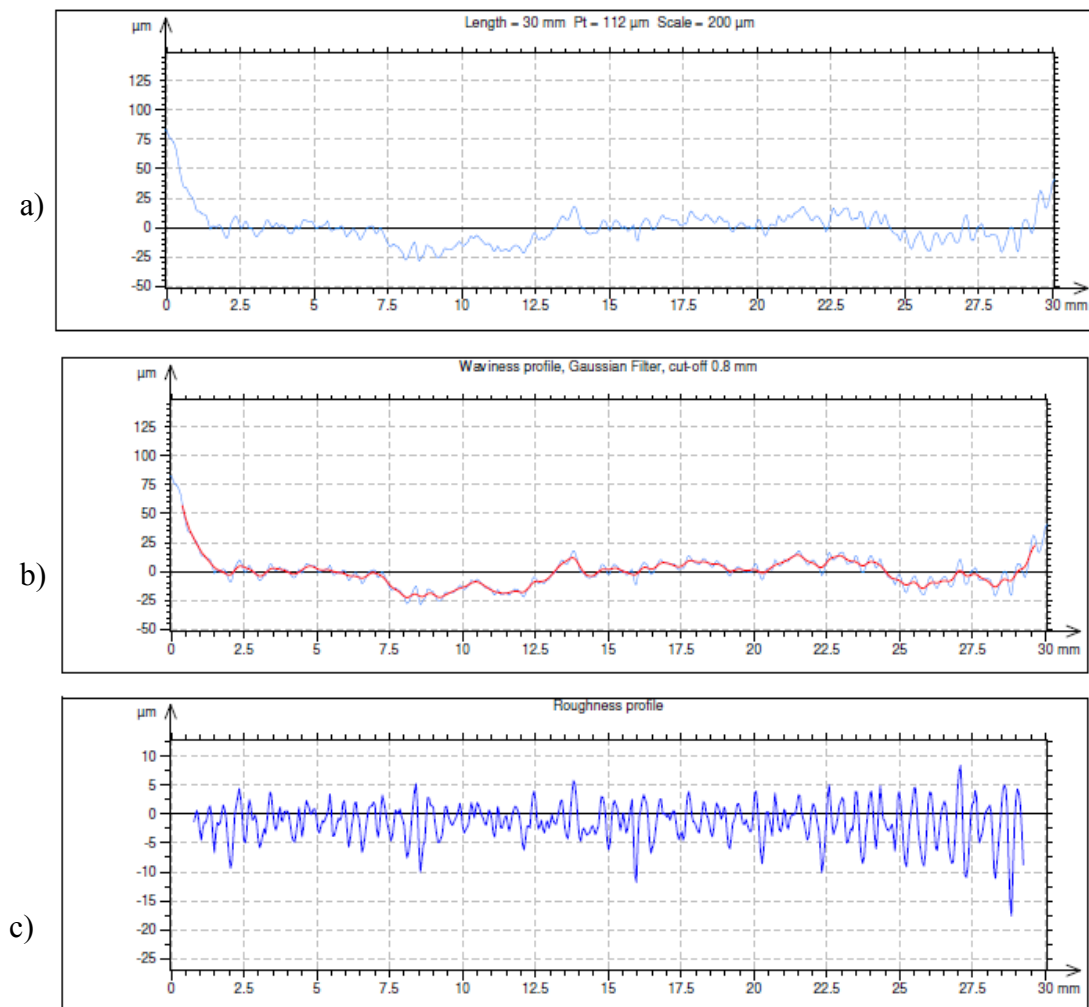
Obr. 30 Obraz po srovnání nakloněné roviny.

Po vyrovnaní nakloněné roviny povrchu (levelling) byla oddělena vlnitost a drsnost povrchu (waveness+roughness) za pomoci gaussian filtru o určité velikosti. Na obr. 31 je zobrazeno pracovní okno pro filtraci vlnitosti a drsnosti. V levé horní části pracovního okna je vstupní obraz se zobrazením velikosti filtru. Uprostřed horní části pracovního okna je zobrazena drsnost a v pravé horní části pracovního okna je vlnitost při zvolené velikosti filtru. Typ filtru je zvolen v pravé dolní části pracovního okna a jeho velikost je zvolena uprostřed dolní části pracovního okna. Každý měřený vzorek byl vyhodnocen se třemi různými velikostmi gaussian filtru, a to velikost 8 mm, 2,5 mm a 0,8 mm. Pro vyhodnocení byl zjišťován vliv velikosti filtru na výsledné charakteristiky.



Obr. 31 Pracovní okno pro oddělení drsnosti a vlnitosti snímaného vzorku.

Následovalo převedení na 2D křivku profilu povrchu (convert into a series profiles). Z tohoto profilu byl filtrován profil drsnosti a vlnitosti, nebo bylo možné udělat 2D analýzu drsnosti. Při provedení obou metod jsou výsledky shodné, což bylo ověřeno na nasnímaných vzorcích. 2D profil povrchu byl tvořen z obrazu drsnosti. Byla opět oddělena část vlnitosti a část drsnosti. V tomto případě byl filtr pro odstranění vlnitosti ve všech 3 skupinách stejné velikosti, a to 0,8 mm. Na obr. 32 je zobrazen základní profil, profil vlnitosti a profil drsnosti pro vzorek P16.



Obr. 32 2D profily snímaného obrazu, a) základní profil, b) profil vlnitosti, c) profil drsnosti.

2D analýza drsnosti zobrazí profil drsnosti a vlnitosti, a charakteristiky drsnosti. Pokud se 2D analýza drsnosti nepoužije, je z profilu drsnosti vytvořena tabulka parametrů (parameters table), ve které je možné zvolit, které parametry mají být zobrazeny v tabulce. Vybírat je možné z několika norem. Pro měření vzorků je použita norma ČSN EN ISO 4287.

7.2 Výsledky měření na přístroji Talysurf CLI 500

Objektivní měření probíhalo v termínu od 6.2.2018 do 15.3.2018. V tomto období bylo prováděno měření povrchu na přístroji Talysurf a následné vygenerování profilů drsnosti a jeho charakteristik v programu Talymap.

Po zpracování obrazů povrchů získaných pomocí laserového snímání povrchů textilních vzorků jsou získány charakteristiky profilu drsnosti. Jedno měření obsahuje 601 profilů povrchu. Snímané body jsou od sebe vzdáleny 50 mikrometrů. Nasnímaný obraz je tedy

tvořen 361 201 pixely. V programu Talymap byly hodnoty jednoho měření zprůměrovány a vyhodnocen byl průměrný profil povrchu. Měření bylo na každém vzorku provedeno dvakrát, každé na jiném místě. Tato dvě měření byla zprůměrována v programu Microsoft Excel podle rovnice (26).

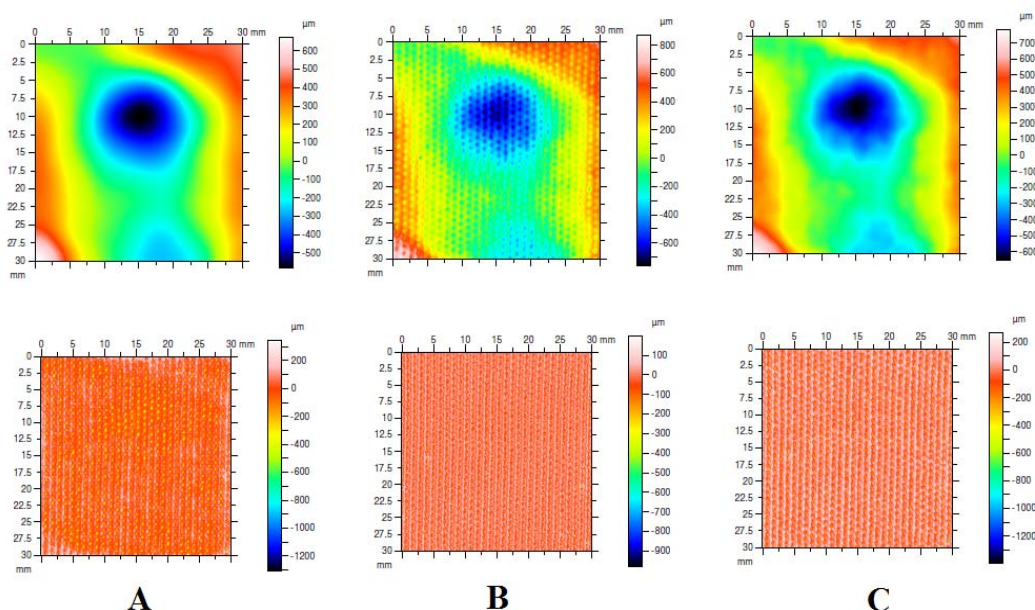
$$\bar{x} = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n x_i \quad (26)$$

Pro otestování, zda je významný vliv mezi velikostmi použitého filtru pro odfiltrování vlnitosti a drsnosti, byly vyhodnoceny všechny měřené vzorky třemi způsoby. Typ vyhodnocení je označen jako skupina A, B a C. V tabulce 7 je zobrazeno rozdělení do skupin podle velikosti použitého filtru.

Tabulka 7 Rozdělení do skupin podle velikosti gaussian filtru.

Označení	Velikost filtru [mm]
Skupina A	8
Skupina B	0,8
Skupina C	2.5

Na obr. 33 je zobrazen vizuální rozdíl mezi drsností a vlnitostí skupin A, B a C. V horní části obr. 33 je zobrazena vlnitost a ve spodní části je zobrazena drsnosti jednotlivých skupin vyhodnocování, které byly popsány výše. Skupina A je v levé části obr. 33, skupina B je uprostřed a skupina C je v pravé části obrázku.



Obr. 33 Obrazové porovnání drsnosti a vlnitosti skupin A, B a C.

7.2.1 Skupina vyhodnocení A

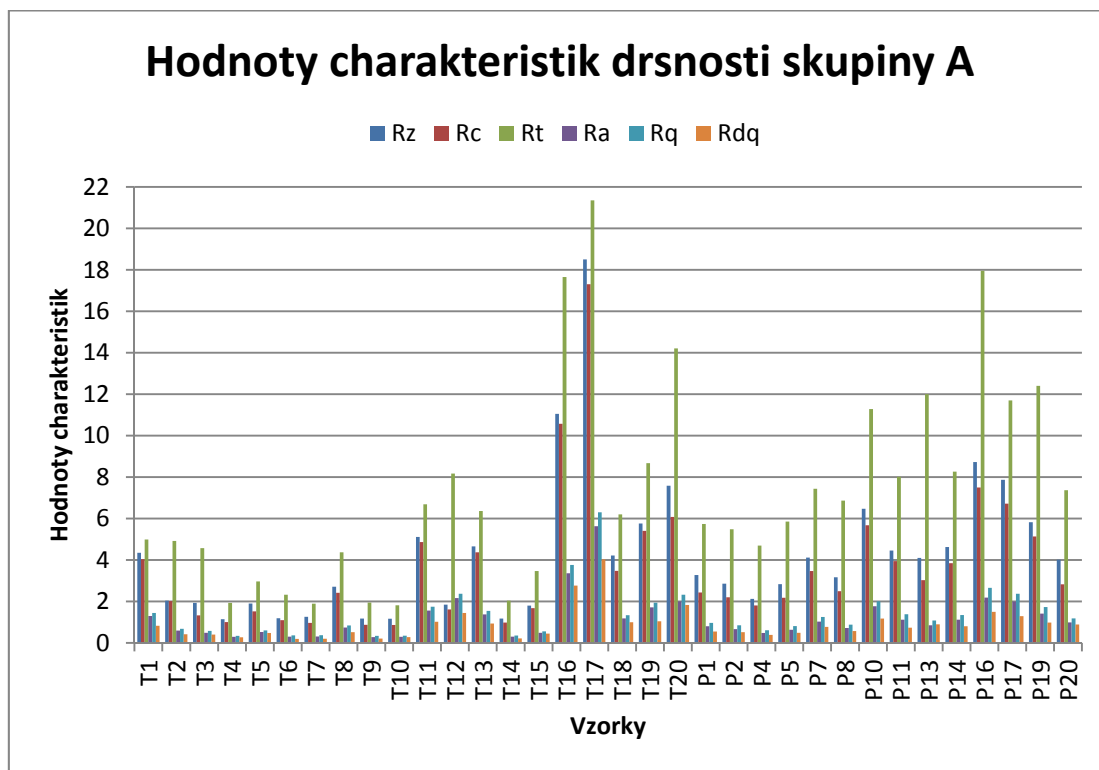
Tato skupina je tvořena charakteristikami drsnosti podle normy ČSN EN ISO 4287 vyhodnocenými programem Talymap. V tomto případě byl pro oddělení drsnosti a vlnitosti zvolen gaussian filtr o velikosti 8 milimetrů. Průměrné hodnoty charakteristik drsnosti jednotlivých vzorků pro filtr o velikosti 8 mm jsou zobrazeny v tabulce 8.

Tabulka 8 Průměrné hodnoty charakteristik drsnosti pro skupinu A.

Vzorky	Rz	Rc	Rt	Ra	Rq	Rdq
T1	4,35	4,04	4,99	1,3	1,45	0,829
T2	2,043	2,0145	4,92	0,599	0,679	0,417
T3	1,93	1,3295	4,575	0,488	0,5855	0,4035
T4	1,147	1,0085	1,93	0,293	0,34	0,277
T5	1,905	1,52	2,965	0,529	0,6065	0,4805
T6	1,195	1,0995	2,325	0,3005	0,363	0,196
T7	1,26	0,9645	1,895	0,308	0,3735	0,2035
T8	2,71	2,42	4,37	0,741	0,8455	0,517
T9	1,18	0,875	1,95	0,282	0,3405	0,212
T10	1,165	0,864	1,82	0,299	0,35	0,2775
T11	5,11	4,865	6,685	1,565	1,745	1,0205
T12	1,85	1,62	8,17	2,163	2,374	1,445
T13	4,655	4,375	6,365	1,375	1,545	0,9385
T14	1,18	0,98	2,04	0,301	0,3545	0,2175
T15	1,8	1,68	3,47	0,49	0,562	0,4535
T16	11,05	10,575	17,65	3,365	3,765	2,765
T17	18,5	17,3	21,35	5,63	6,3	4,03
T18	4,215	3,475	6,205	1,1825	1,339	1,0025
T19	5,765	5,405	8,67	1,7165	1,938	1,0475
T20	7,585	6,08	14,21	2	2,325	1,83
P1	3,28	2,435	5,74	0,8055	0,967	0,554
P2	2,86	2,205	5,485	0,67	0,8505	0,521
P4	2,125	1,81	4,695	0,4845	0,611	0,3895
P5	2,84	2,18	5,855	0,6385	0,816	0,489
P7	4,115	3,47	7,435	1,03	1,25	0,7765
P8	3,17	2,495	6,865	0,718	0,8795	0,572
P10	6,47	5,68	11,285	1,77	2,01	1,175
P11	4,46	3,945	8,02	1,125	1,385	0,7395
P13	4,1	3,03	12	0,85	1,08	0,9
P14	4,625	3,85	8,26	1,125	1,345	0,8025
P16	8,73	7,5	17,95	2,19	2,655	1,5
P17	7,87	6,72	11,7	1,995	2,37	1,295
P19	5,825	5,135	12,4	1,415	1,73	0,982
P20	4,015	2,825	7,37	0,9935	1,185	0,894

Pro získání představy o poměru jednotlivých hodnot jsou všechny průměrné hodnoty charakteristik drsnosti znázorněny v grafu na obr. 34. Nejvyšší hodnoty mají tkaniny

T16 a T17. Tkaniny T2 až T7 a pleteniny P1 až P5 mají hodnoty nízko, je tedy možné předpokládat, že jejich subjektivní hodnocení by mělo být hodnoceno jako nadprůměrné, nebo hladké.



Obr. 34 Graf průměrných hodnot charakteristik drsnosti ve skupině A.

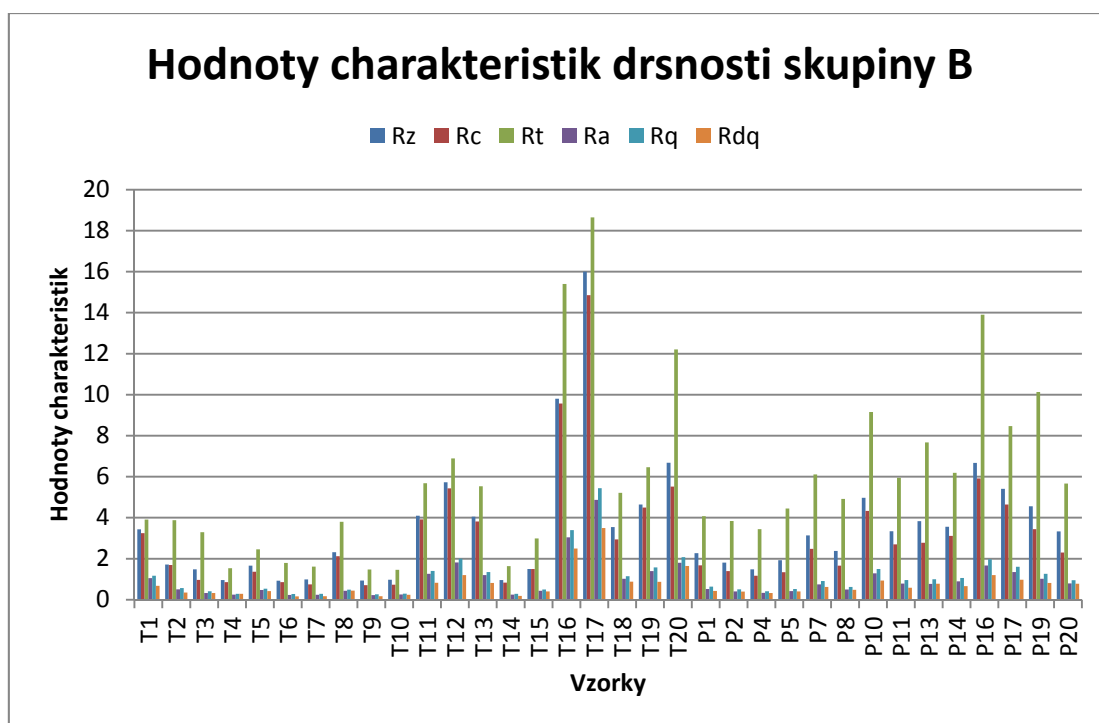
7.2.2 Skupina vyhodnocení B

Tato skupina je tvořena charakteristikami drsnosti podle normy ČSN EN ISO 4287 vyhodnocenými programem Talymap. V tomto případě byl pro oddělení drsnosti a vlnitosti zvolen gaussian filtr o velikosti 0,8 milimetrů. Průměrné hodnoty charakteristik drsnosti jednotlivých vzorků pro filtr o velikosti 0,8 mm jsou zobrazeny v tabulce 9.

Tabulka 9 Průměrné hodnoty charakteristik drsnosti pro skupinu B.

Vzorky	Rz	Rc	Rt	Ra	Rq	Rdq
T1	3,43	3,25	3,91	1,05	1,17	0,679
T2	1,716	1,695	3,88	0,505	0,5675	0,351
T3	1,4795	0,9665	3,295	0,3305	0,409	0,3275
T4	0,9565	0,8585	1,535	0,249	0,2875	0,287
T5	1,665	1,365	2,46	0,4735	0,537	0,4245
T6	0,931	0,8555	1,795	0,2325	0,2775	0,1595
T7	0,9875	0,752	1,615	0,2415	0,291	0,1705
T8	2,32	2,125	3,8	0,434	0,492	0,4475
T9	0,9375	0,711	1,475	0,222	0,266	0,1745
T10	0,9745	0,7295	1,46	0,2545	0,2995	0,241
T11	4,095	3,915	5,68	1,26	1,405	0,824
T12	5,73	5,43	6,89	1,8205	2,003	1,1985
T13	4,05	3,82	5,535	1,2	1,35	0,8185
T14	0,962	0,8365	1,64	0,249	0,29	0,1865
T15	1,5	1,495	2,985	0,44	0,499	0,407
T16	9,8	9,57	15,4	3,04	3,395	2,495
T17	16	14,85	18,65	4,87	5,44	3,495
T18	3,545	2,94	5,215	1,021	1,1475	0,8785
T19	4,645	4,495	6,46	1,399	1,574	0,872
T20	6,68	5,515	12,21	1,8	2,075	1,645
P1	2,27	1,68	4,075	0,5205	0,6355	0,427
P2	1,81	1,395	3,84	0,408	0,5035	0,401
P4	1,48	1,17	3,44	0,338	0,414	0,3305
P5	1,925	1,345	4,45	0,417	0,5215	0,4025
P7	3,135	2,485	6,11	0,7495	0,915	0,6215
P8	2,38	1,665	4,915	0,4955	0,627	0,4855
P10	4,97	4,33	9,155	1,285	1,495	0,938
P11	3,34	2,7	5,945	0,7855	0,962	0,5815
P13	3,83	2,775	7,675	0,7745	0,997	0,779
P14	3,56	3,115	6,19	0,8945	1,0605	0,6615
P16	6,67	5,915	13,9	1,67	1,975	1,2
P17	5,41	4,645	8,465	1,35	1,61	0,976
P19	4,56	3,44	10,13	1,0225	1,265	0,815
P20	3,33	2,305	5,67	0,794	0,9525	0,7835

Tabulkové hodnoty nejsou vhodnou formou pro představivost rozdílů jednotlivých charakteristik. Proto byl vytvořen graf všech hodnot pro skupinu B, který je zobrazen na obr. 35. Je zde patrné, že stejně jako ve skupině A, jsou nejvyšší hodnoty u vzorku T16 a T17. Nejnižší hodnoty jsou v tomto případě znatelní u vzorků T2 až T7, T9, T10, T14, T15 a P1 až P5.



Obr. 35 Graf průměrných hodnot charakteristik drsnosti ve skupině B.

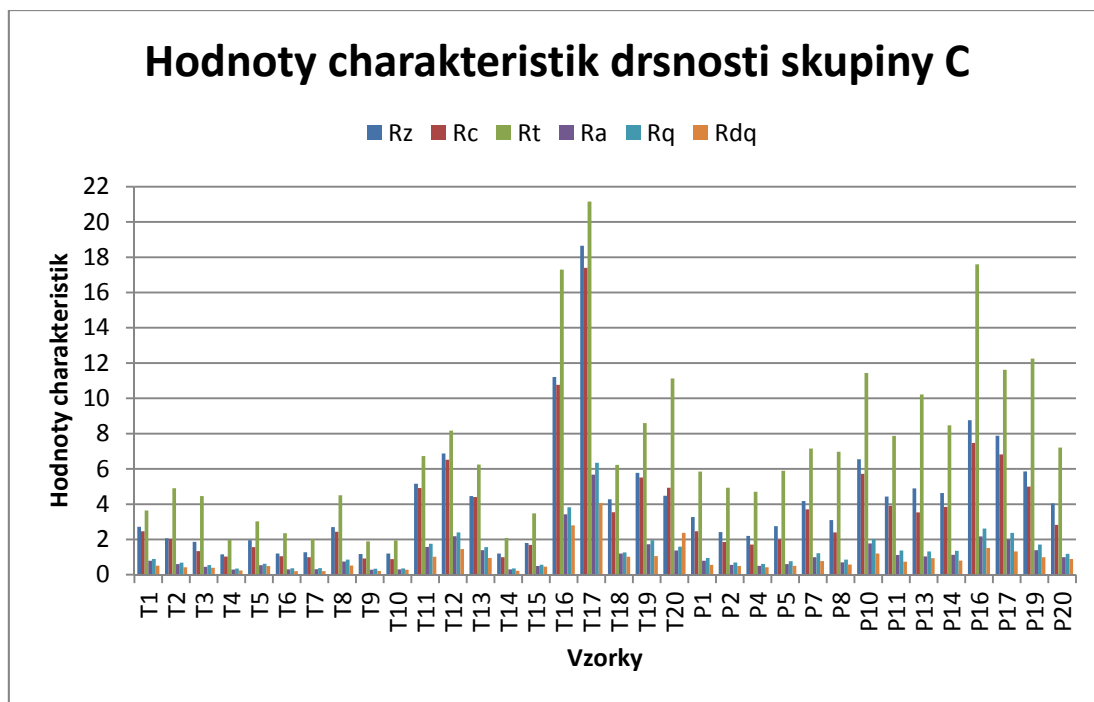
7.2.3 Skupina vyhodnocení C

Tato skupina je tvořena charakteristikami drsnosti podle normy ČSN EN ISO 4287 vyhodnocenými programem Talymap. V tomto případě byl pro oddělení drsnosti a vlnitosti zvolen gaussian filtr o velikosti 2,5 milimetrů. Průměrné hodnoty charakteristik drsnosti jednotlivých vzorků pro filtr o velikosti 2,5 mm jsou zobrazeny v tabulce 10.

Tabulka 10 Průměrné hodnoty charakteristik drsnosti pro skupinu C.

Vzorky	Rz	Rc	Rt	Ra	Rq	Rdq
T1	2,715	2,4585	3,645	0,79	0,893	0,513
T2	2,06	2,0225	4,905	0,6065	0,6815	0,42
T3	1,865	1,333	4,455	0,4445	0,544	0,396
T4	1,16	1,026	1,975	0,2975	0,3455	0,235
T5	1,95	1,565	3,025	0,5385	0,618	0,494
T6	1,2	1,043	2,355	0,302	0,365	0,199
T7	1,275	0,995	2,03	0,309	0,376	0,2045
T8	2,7	2,435	4,5	0,7455	0,8525	0,5175
T9	1,175	0,916	1,895	0,282	0,339	0,2135
T10	1,2	0,881	1,945	0,3055	0,357	0,2825
T11	5,16	4,915	6,725	1,575	1,755	1,0235
T12	6,875	6,515	8,165	2,185	2,397	1,4535
T13	4,46	4,405	6,245	1,39	1,565	0,9455
T14	1,2	0,9885	2,08	0,3065	0,36	0,222
T15	1,8	1,69	3,48	0,496	0,5665	0,4575
T16	11,21	10,765	17,3	3,42	3,82	2,8
T17	18,65	17,4	21,15	5,67	6,35	4,065
T18	4,275	3,54	6,225	1,199	1,2615	1,0185
T19	5,77	5,515	8,6	1,7305	1,9515	1,0605
T20	4,475	4,93	11,13	1,371	1,5905	2,375
P1	3,27	2,465	5,85	0,789	0,95	0,5615
P2	2,415	1,85	4,93	0,556	0,692	0,491
P4	2,195	1,705	4,7	0,499	0,6135	0,417
P5	2,755	2	5,89	0,6025	0,7685	0,5
P7	4,175	3,705	7,15	0,9935	1,215	0,776
P8	3,1	2,395	6,975	0,701	0,86	0,5715
P10	6,545	5,72	11,44	1,77	2,015	1,2
P11	4,435	3,915	7,87	1,12	1,375	0,7395
P13	4,89	3,535	10,22	1,039	1,315	0,9355
P14	4,635	3,845	8,47	1,125	1,355	0,8045
P16	8,755	7,47	17,6	2,175	2,615	1,515
P17	7,88	6,82	11,62	2	2,375	1,32
P19	5,86	4,995	12,25	1,395	1,71	0,9915
P20	4,045	2,825	7,205	0,997	1,185	0,8905

Na obr. 36 je grafické znázornění průměrných charakteristik drsnosti pro skupinu C. V této skupině mají nejvyšší hodnoty vzorky T16 a T17. O trochu nižší jsou hodnoty vzorků P16 a P17. Naopak nejnižší hodnoty jsou patrné u vzorků T2 až T7, T9, T10, T14, T15 a P1 až P5.



Obr. 36 Graf průměrných hodnot charakteristik drsnosti ve skupině C.

7.3 Testování rozdílnosti souborů dat A, B a C

Pro zjištění, zda má velikost filtru vliv na výsledné charakteristiky, byl využit Kruskal-Wallisův test. Tento test spočívá v určení pořadí hodnot ve sloučeném souboru. Nulová hypotéza značí, že testované soubory jsou shodné, tj. že jejich distribuční funkce jsou si rovny. Alternativní hypotéza udává, že alespoň jedna distribuční funkce souborů je odlišná od ostatních. V tomto případě je faktorem zvolena velikost filtru. Tento faktor má 3 úrovně.

Jestliže počet řádků m je roven počtu hodnot pro každou úroveň faktoru, počet sloupců, k , je roven počtu skupin a celkový počet hodnot N je roven $m \cdot k$, pak $N=102$ pro jednotlivé charakteristiky. Prvním krokem je určit pořadí pro sloučené soubory. Poté se hodnoty pořadí sečtou podle toho, ve které skupině se nacházejí (skupiny A, B a C). Tento součet je značen R_i . Vypočítáme testovou statistiku podle rovnice (27).

$$T = \frac{12}{N \cdot (N+1)} * \left(\sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{m_i} \right) - 3 * (N + 1) \quad (27)$$

Hodnoty testových statistik T pro jednotlivé charakteristiky jsou uvedeny v tabulce 11. Při porovnání testových statistik s kvantilem chí kvadrát bylo zjištěno, že všechny hodnoty testové statistiky jsou menší, než je hodnota kvantilu. Výsledkem

Kruskal-Wallisova testu je, že nulovou hypotézu o shodnosti souborů nelze zamítnout. Změna velikosti filtru tedy nemá vliv na výsledné hodnoty charakteristik.

Tabulka 11 Hodnoty testových statistik T pro jednotlivé charakteristiky.

	Rz	Rc	Rt	Ra	Rq	Rdq
T	1,944	2,039	3,137	2,492	2,492	1,743
$\chi^2(0,95)$	5,991	5,991	5,991	5,991	5,991	5,991
Vztah T k $\chi^2(0,95)$	<	<	<	<	<	<

Jelikož velikost filtru je faktorem, který nemá vliv na výsledné hodnoty, budou následující výpočty prováděny s hodnotami skupiny A, což je skupina vyhodnocována s velikostí filtru 8 mm.

8 Závislost mezi subjektivním a objektivním hodnocením

Na základě výsledků ze subjektivního hodnocení drsnosti a objektivního měření drsnosti povrchu textilních vzorků je hledán vzájemný vztah mezi těmito dvěma soubory. Výsledkem subjektivního hodnocení je vektor obsahující výběrové mediány subjektivní drsnosti textilních vzorků. Výsledkem objektivního měření drsnosti povrchu textilií jsou hodnoty charakteristik, které byly získány pomocí vyhodnocení nasnímaného povrchu v programu Talymap.

8.1 Ověření normality dat

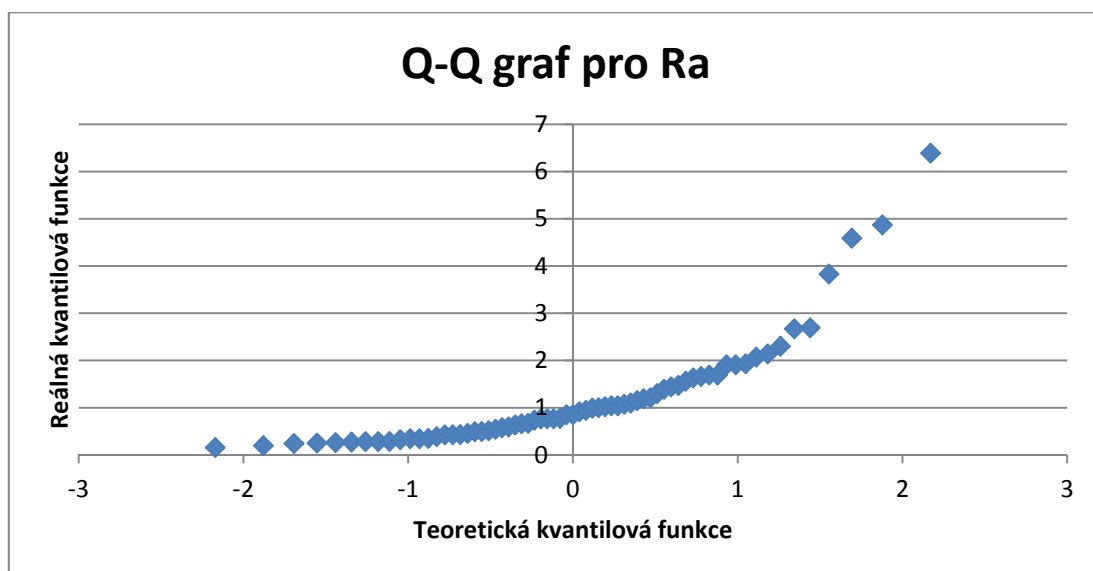
Pro zjištění způsobu, který je možné využít pro testování závislosti mezi subjektivním a objektivním hodnocením drsnosti textilií, je potřeba zjistit, zda data pocházejí z normálního rozdělení, či nikoliv. Pro otestování normality dat byl vybrán kvantil kvantilový graf a histogram.

8.1.1 Ověření normality pomocí Q-Q grafu

Kvantil kvantilový graf (jinak Q-Q graf) vyjadřuje závislost mezi kvantilovou funkcí teoretického rozdělení a kvantilovou funkcí výběru. Při dokazování normality rozdělení výběrových dat byly hodnoty teoretické kvantilové funkce počítány podle rovnice (28).

$$Q_T(P_i) = \frac{-9,4 \cdot \ln\left(\frac{1}{P_i} - 1\right)}{\text{abs}\left[\ln\left(\frac{1}{P_i} - 1\right)\right] + 14} \quad (28)$$

P_i je pořadová pravděpodobnost počítaná jako podíl hodnoty pořadí vzestupně seřazených prvků výběru a celkového počtu prvků výběru zvýšený o jednu. Pokud je výběrové rozložení dat shodné s teoretickým rozložením dat, pak je závislost lineární a je možné data proložit lineární přímkou. Data nebylo možné proložit lineární přímkou, proto byla normalita zamítnuta. Q-Q graf pro aritmetickou odchylku průměrných hodnoty profilů je zobrazen na obr. 37.



Obr. 37 Q-Q graf pro průměrnou aritmetickou odchylku profilů.

8.1.2 Ověření normality pomocí histogramu

Histogram je další možností, jak ověřit normalitu dat. Jeho tvorba spočívá v rozdělení dat do tříd a zjištění četnosti v jednotlivých třídách. Počet tříd byl volen podle Sturgesova pravidla, který udává doporučený počet tříd. Počet tříd je tedy počítán podle rovnice (29).

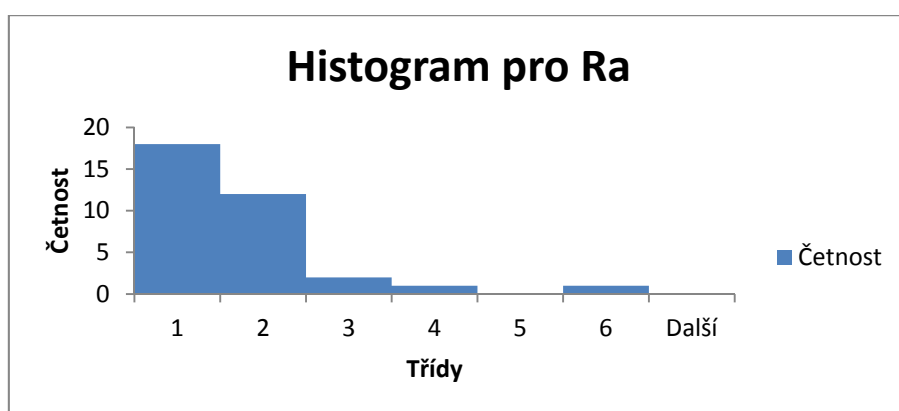
$$M \approx 1 + 3,3 * \log_{10}(n), \quad (29)$$

kde n je počet všech hodnot, které mají být rozděleny do tříd. Pro hodnoty průměrné aritmetické odchylky profilů všech vzorků je n rovno 34 a počet tříd určených Sturgesovým pravidlem je 6,05. Pro vyhodnocení bylo tedy vytvořeno 6 tříd. Třídy a četnosti v jednotlivých třídách jsou zobrazeny v tabulce 12.

Tabulka 12 Třídni rozdělení dat Ra pro histogram.

Třídy	Četnosti
1	18
2	12
3	2
4	1
5	0
6	1

Histogram je zobrazen na obr. 38. Tvar histogramu neodpovídá tvaru Gaussovy křivky, který je typický pro normální rozdělení dat. Data jsou asymetricky rozdělená a potvrzují nenormální rozdělení dat.



Obr. 38 Histogram průměrných aritmetických odchylek profilu.

8.2 Korelační analýza

Pro zjišťování závislosti mezi subjektivním hodnocením drsnosti a jednotlivými charakteristikami objektivního hodnocení drsnosti nebo jejich kombinací byl využit Spearmanův korelační koeficient. Tento koeficient umožňuje detekovat nejen lineární závislost, ale také jinou monotónní závislost. Zároveň nevyžaduje normalitu u použitých dat. Normalita dat byla zamítnuta pomocí Q-Q grafu a histogramu.

Spearmanův korelační koeficient je založen na pořadí hodnot vektoru X a Y . Vektor X v tomto případě obsahuje hodnoty výběrového mediánu, který byl počítán v kapitole 6 *Subjektivní hodnocení*. Vektor Y obsahuje hodnoty jednotlivých charakteristik nebo jejich kombinací. Náhradou vektoru X je tedy vektor R , který je tvořen hodnotami pořadí veličin z vektoru X , a náhradou vektoru Y je vektor Q s hodnotami pořadí hodnot vektoru Y . Data vektoru X a Y jsou spárovaná. Pro každý textilní vzorek je jedna hodnota X a právě jedna hodnota Y . Spearmanův korelační koeficient je počítán podle rovnice (30).

$$r_s = 1 - \frac{6}{n*(n^2-1)} * \sum_{i=1}^n (R_i - Q_i)^2 \quad (30)$$

kde n je celkový počet vzorků použitých pro zjišťování závislosti. Hodnoty Spearmanova korelačního koeficientu jsou v rozmezí od -1 do 1. Pokud jsou hodnoty koeficientu blízké nule, pak mezi vektory X a Y není žádná závislost.

Pro zjištění závislosti je nutné stanovit nulovou a alternativní hypotézu. Nulová hypotéza znamená, že data z vektoru X a z vektoru Y jsou nezávislé. Alternativní hypotéza značí, že X a Y vektory jsou na sobě závislé. Pro zjištění toho, která hypotéza je platná, je potřeba porovnat testovou statistiku s kvantilem normovaného normálního rozdělení při velikosti chyby 1. druhu 5 %. Hodnota kvantilu je 1,96. Pokud je absolutní hodnota testové statistiky vyšší, než je hodnota kvantilu, pak nezamítám nulovou hypotézu a lze říci, že je mezi daty statisticky významná závislost. Testová statistika je počítána podle rovnice (31).

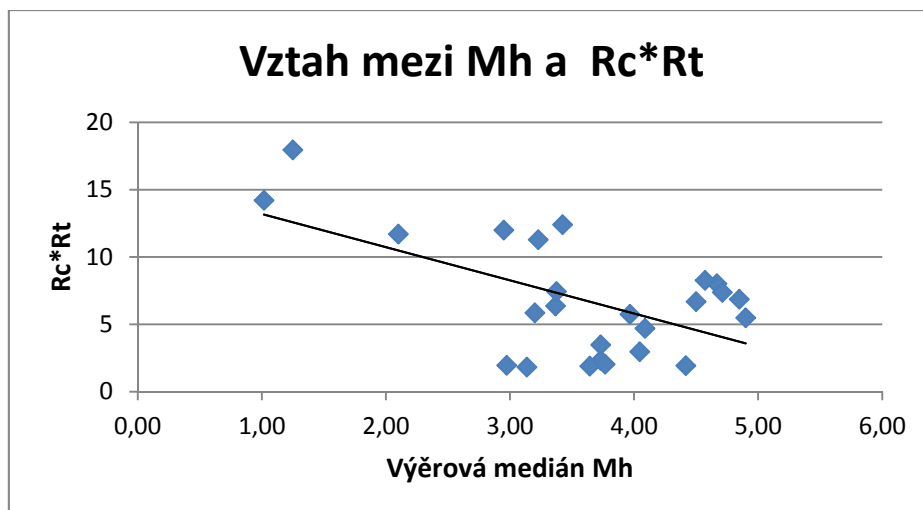
$$U = \sqrt{n-1} * r_s \quad (31)$$

Korelační koeficient byl počítán mezi výběrovým mediánem a průměrnou hodnotou jednotlivých charakteristik drsnosti, jejich druhou mocninou, odmocninou, vzájemným součinem a podílem. Hodnocení závislosti probíhalo tak, že tkaniny i pleteniny byly sloučeny do jednoho souboru, jelikož úkolem bylo zjistit, zda lze predikovat drsnost objektivní metodou bez ohledu na strukturu textilie. Hodnoty testových statistik a korelačních koeficientů jsou zobrazeny v tabulce 13.

Tabulka 13 Hodnoty korelačních koeficientů a testových statistik pro závislosti mezi subjektivním hodnocením a vztahy objektivně naměřených charakteristik.

Vztah	rs	U	zamítnutí H0	Vztah	rs	U	zamítnutí H0
Rz	-0,257	-1,257	ne	Rz/Rc	-0,076	-0,37	ne
1/Rz	0,257	1,26	ne	Rz/Rt	-0,035	-0,17	ne
Rz^2	-0,257	-1,257	ne	Rz/Ra	0,101	0,497	ne
Rz^3	-0,253	-1,239	ne	Rz/Rq	0,104	0,51	ne
Ra	-0,224	-1,097	ne	Rz*Rc	-0,231	-1,13	ne
1/Ra	0,224	1,1	ne	Rz*Rt	-0,277	-1,356	ne
Ra^2	-0,224	-1,097	ne	Rz*Ra	-0,227	-1,111	ne
Ra^3	-0,224	-1,099	ne	Rz*Rq	-0,238	-1,164	ne
Rc	-0,216	-1,058	ne	Rz*Rc*Rt	-0,257	-1,258	ne
1/Rc	0,216	1,059	ne	Rc/Rt	-0,03	-0,148	ne
Rc^2	-0,216	-1,058	ne	Rc/Ra	0,097	0,476	ne
Rc^3	-0,216	-1,058	ne	Rc/Rq	0,111	0,542	ne
Rt	-0,258	-1,262	ne	Rc/Rz	0,076	0,372	ne
1/Rt	0,258	1,263	ne	Rc*Rt	-0,258	-1,262	ne
Rt^2	-0,258	-1,261	ne	Rc*Ra	-0,224	-1,097	ne
Rt^3	-0,258	-1,262	ne	Rc*Rq	-0,218	-1,066	ne
Rq	-0,23	-1,126	ne	Rt/Ra	0,117	0,572	ne
1/Rq	0,23	1,128	ne	Rt/Rq	0,083	0,408	ne
Rq^2	-0,23	-1,126	ne	Rt*Ra	-0,257	-1,258	ne
Rq^3	-0,23	-1,126	ne	Rt*Rq	-0,28	-1,37	ne
				Ra/Rq	-0,078	-0,38	ne

Z tabulky je patrné, že u všech testovaných variant závislostí subjektivního hodnocení a charakteristik získaných objektivní metodou je prokázána nezávislost. Nelze tedy říci, že existuje vztah mezi subjektivním a objektivním hodnocením drsnosti za použití přístroje Talysurf při tomto způsobu vyhodnocení v programu Talymap. Data pro vztah $Rc \cdot Rt$ a subjektivní hodnocení vybraných vzorků je znázorněno na obr. 39.



Obr. 39 Znáznornění vztahu mezi výběrovým mediánem a součinem $Rc \cdot Rt$.

Je zde patrné značné rozptýlení dat, což potvrzuje hypotézu H_0 , že data jsou nezávislá. Grafy pro ostatní vztahy jsou velmi podobné, liší se pouze ve směru závislosti, který je určen znaménkem u korelačního koeficientu.

Závislost oddělená (pleteniny a tkaniny)

Závislost mezi subjektivním a objektivním hodnocením drsnosti textilních vzorků při zanedbání jejich konstrukce nebyla prokázána. V dalším zjišťování závislosti byl základní soubor textilních vzorků rozdělen na tkaniny a pleteniny. Byla testována závislost tkanin na parametrech drsnosti získaných objektivním měřením a závislost pletenin na parametrech drsnosti získaných objektivním měřením.

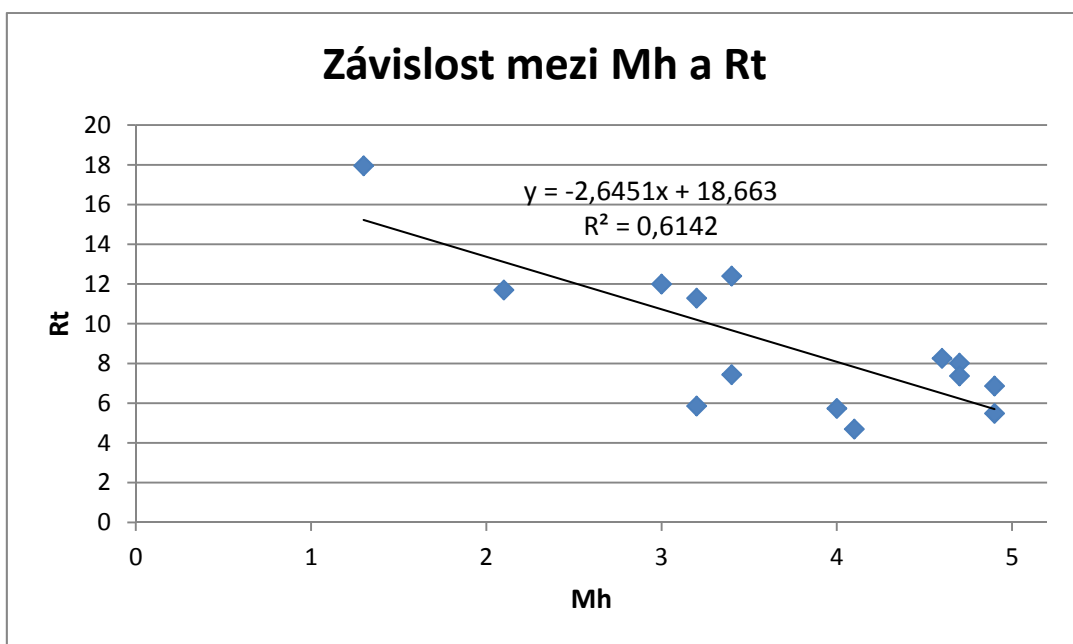
Korelační koeficienty tkanin a pletenin pro jednotlivé charakteristiky jsou zobrazeny v tabulce 14. Tkaniny se lišily dostavou útku a finální úpravou. Pleteniny jsou rezné a bělené, kdy každá rezná pletenina má svou bělenou variantu.

Tabulka 14 Korelační koeficienty a testové statistiky pro oddělené soubory.

Parametry pro pleteniny	r_s	U	Zamítnutí H_0	Parametry pro tkaniny	r_s	U	Zamítnutí H_0
Rz	-0,53	-1,89	Ne	Rz	-0,36	-1,55	Ne
Rc	-0,5	-1,8	Ne	Rc	-0,35	-1,52	Ne
Rt	-0,62	-2,23	Ano	Rt	-0,18	-0,78	Ne
Ra	-0,49	-1,75	Ne	Ra	-0,32	-1,41	Ne
Rq	-0,48	-1,74	Ne	Rq	-0,34	-1,47	Ne
Rdq	-0,57	-2,04	Ano	Rdq	-0,26	-1,15	Ne

Nulová hypotéza značí nezávislost souborů. Tato hypotéza byla zamítnuta v případě testování závislosti mezi subjektivním hodnocením drsnosti pletenin a objektivně měřenými charakteristikami celkovou výškou profilu a průměrného kvadratického sklonu posuzovaného profilu. Při testování závislosti mezi subjektivním hodnocením drsnosti tkanin a objektivně naměřenými charakteristikami drsnosti tkanin nebyla zjištěna žádná závislost. Pro další hodnocení byl zvolen takový objektivně měřený parametr drsnosti, u kterého je korelační koeficient mezi subjektivním a objektivním hodnocením větší. V tomto případě je to parametr R_t , neboli celková výška profilu.

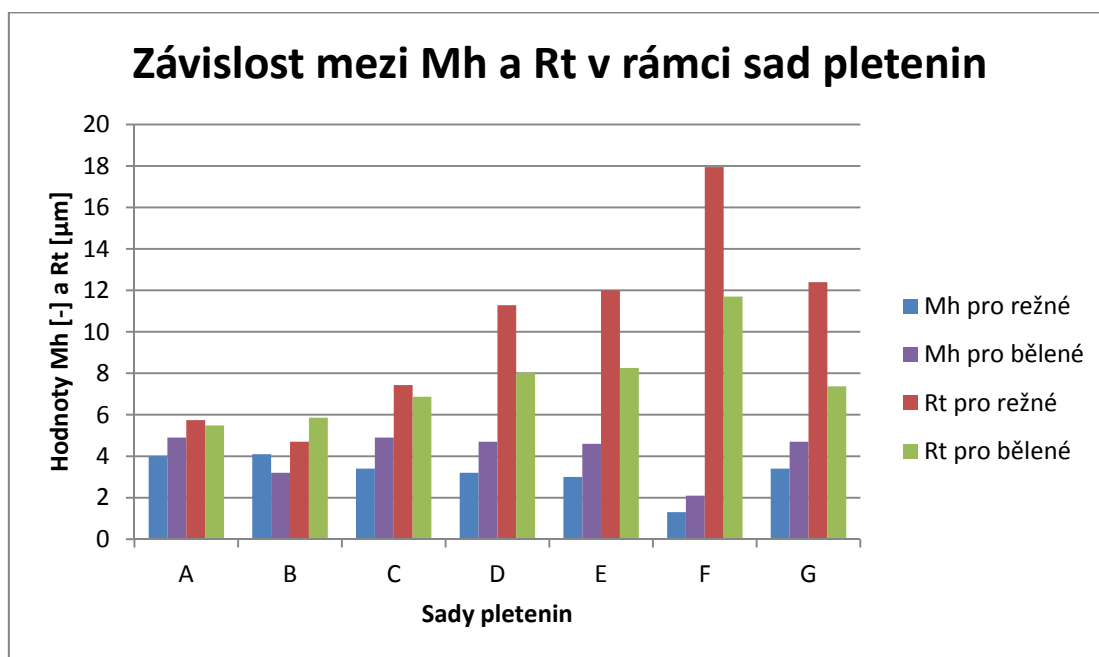
Na obr. 40 je graf znázorňující hodnoty celkové výšky profilu pro všechny pleteniny. Data jsou proložena lineární přímkou. Je patrné, že závislost mezi subjektivním hodnocením drsnosti a parametrem drsnosti R_t , který byl získán objektivní metodou, je silná negativní. To znamená, že při rostoucí hodnotou mediánu drsnosti ze subjektivního hodnocení klesá hodnota celkové výšky profilu.



Obr. 40 Graf závislosti mezi výběrovým mediánem a celkovou výškou profilu pletenin.

Na obr. 41 je graf znázorňující vztah mezi výběrovým mediánem subjektivního hodnocení a charakteristiky R_t pro jednotlivé sady pletenin. Každá sada obsahuje režnou pleteninu a její bělenou variantu. První dva sloupce v každé sadě pletenin zobrazené grafem jsou znázorněny hodnoty výběrových mediánů. Modrá značí režnou pleteninu, fialová značí její bělenou variantu. Jediný případ, kdy je výběrový medián bělené pleteniny menší než výběrový medián režné pleteniny je sada B. Režné pleteniny

v ostatních sadách mají výběrový medián menší než pleteniny bělené. Ve třetím a čtvrtém sloupci je u každé sady zobrazena hodnota objektivního parametru drsnosti, a to parametru celkové výšky profilu. V případě sady B je hodnota Rt pro režnou pleteninu menší, než pro bělenou variantu. V ostatních sadách je tento poměr otočen, tedy hodnota Rt pro režné pleteniny je vyšší, než hodnota Rt pro jejich bělené varianty.



Obr. 41 Graf závislosti subjektivního hodnocení a celkové výšky profilu pro jednotlivé sady pletenin.

Lze tedy říci, že pro zjišťování zlepšení, resp. zhoršení stupně drsnosti pletenin při použití této úpravy je možné použít přístroj Talysurf CLI 500 a jím měřený parametr celkové výšky profilu Rt . Pokud tento parametr pro bělenou variantu režné pleteniny vyjde vyšší, než pro režnou pleteninu, pak se drsnost pleteniny touto úpravou snížila.

Závěr

Cílem této práce bylo zjistit, zda je možné nahradit subjektivní hodnocení drsnosti textilií objektivní metodou za použití přístroje Talysurf CMI 500. Textilní vzorky byly zastoupeny pleteninami i tkaninami. Všechny tkaniny byly tkané v plátňové vazbě a měly konstantní dostavu osnovy, a to 42 nití na centimetr. Dostava útku byla zastoupena pěti hodnotami. Každá tkanina o určité dostavě útku byla v provedení režném, s hydrofobní úpravou, s nehořlavou úpravou a úpravou UNI. Pleteniny byly ve dvou provedeních, a to v režném a běleném. Vzorky tedy tvořily páry, kdy stejná konstrukce pleteniny se stejným materiálovým složením byla zastoupena vždy jednou v režné a jednou v bělené podobě. Požadavkem firem, které poskytly pletené vzorky, bylo zjistit, zda úprava bělení má vliv na výslednou drsnost pletenin. Tkaniny byly dodány Technickou univerzitou v Liberci. Tyto tkaniny byly dříve použity pro závěrečnou práci, která se týkala zjišťování vlivu úprav a konstrukce tkanin na hodnocení omaku.

V první části experimentu bylo provedeno subjektivní hodnocení drsnosti textilií. Pro subjektivní hodnocení drsnosti byla použita pětistupňová ordinální škála s polárními body. Jako nejhorší, tedy stupeň 1, byla zvolena vlastnost drsný. Pro nejlepší hodnocení byl zvolen stupeň 5, který byl slovně vyjádřen jako hladký. Tkaniny byly hodnoceny 30 hodnotiteli. Z výsledků subjektivního hodnocení jednotlivých hodnotitelů byl zjištěn výběrový medián a 95% interval spolehlivosti pro populační medián. Výběrový medián byl použit pro zjišťování závislosti mezi objektivním a subjektivním hodnocením drsnosti.

Ze subjektivního hodnocení je patrné, že ve většině případů je bělená pletenina vyhodnocena lepším stupněm hladkosti. Lze tedy říci, že bělení tímto bělicím prostředkem má pozitivní vliv na zlepšení hladkosti textilií.

V druhé části experimentu bylo provedeno objektivní měření drsnosti na přístroji Talysurf CLI 500. Každý vzorek byl měřen na dvou nezávislých místech. Vzdálenost jednotlivých snímaných bodů byla 50 mikrometrů. Celková velikost vzorku byla zvolena 3x3 cm. Tyto parametry byly zvoleny z důvodu časové náročnosti měření. Jedno měření trvalo 40 minut. Po nasnímání povrchu textilního vzorku byl obraz upraven v programu Talymap. V tomto programu byla odstraněna vlnitost vzorku, která

byla způsobena uchycením vzorku do přístroje, a byly provedeny další operace potřebné k vyhodnocení charakteristik drsnosti podle normy ČSN EN ISO 4287.

Závislost mezi subjektivním hodnocením drsnosti a charakteristikami drsnosti získaných objektivním měřením byla testována korelační analýzou. Prvním krokem bylo zjistit, zda data pocházejí z normálního rozdělení. Normalita dat byla zamítnuta kvantil kvantilovým grafem i histogramem. Proto byl pro určení závislosti použit Spearmanův korelační koeficient, který nevyžaduje normalitu dat a detekuje jakoukoliv monotónní závislost.

Výsledky korelační analýzy ukázaly, že v případě zanedbání vlivu konstrukčních vlastností mezi subjektivním a objektivním hodnocením neexistuje žádná závislost. Zvolená metodika objektivního měření drsnosti tedy není vhodná k určování drsnosti textilií. Lze předpokládat, že vliv struktury textilií má významný vliv na povrchovou drsnost textilních materiálů.

Při samostatném testování závislosti pro pleteniny a tkaniny bylo zjištěno, že pro tkaniny neexistuje žádná závislost mezi jednotlivými objektivně měřenými charakteristikami a výběrovým mediánem. Při testování závislosti mezi výběrovým mediánem pletenin a parametry drsnosti získaných přístrojem Talysurf CLI 500 bylo zjištěno, že existuje závislost v případě výběrového mediánu a celkové výšky profilu a výběrového mediánu a průměrného kvadratického sklonu posuzovaného profilu. Pro celkovou výšku profilu R_t byla hodnota korelačního koeficientu nejvyšší, proto byl tento parametr vyhodnocen jako vhodný při zjišťování změny drsnosti pro bělené pleteniny. V tomto případě byla zjištěná silná negativní závislost. Pokud byl parametr celkové výšky profilu bělené pleteniny vyšší, než pleteniny rezné, pak úprava způsobila zhoršení hladkosti pleteniny.

Pro další výzkum v této oblasti je doporučeno zaměřit se na objektivní testování textilií, které se liší pouze v jedné vlastnosti. Na základě objektivně naměřených charakteristik by bylo možné zjistit vliv těchto vlastností na změnu drsnosti povrchu. Doporučením je získat minimálně 10 textilních vzorků lišících se pouze v jedné vlastnosti, čímž může být různá dostava osnovy nebo útku, textilie se stejnou strukturou lišící se pouze finální úpravou, atd. Na základě těchto závislostí by mohla být sestavena predikční rovnice pro textilní materiály s různými hodnotami konstrukčních a výsledných vlastností.

Zdroje

- [1] MILITKÝ, Jiří a Vladimír BAJZÍK. *Surface roughness of heat protective clothing textiles*. International Journal of Clothing Science and Technology [online]. 2003, vol. 15, no. 3, str. 258-267. [cit. dne 16.1.2018]. ISSN 09556222. Dostupné z: <https://search.proquest.com/docview/228237928?accountid=17116>
- [2] BEATRICE, B. Anuja, a spol. *Surface roughness prediction using artificial neural network in hard turning of AISI H13 steel with minimal cutting fluid application*. Procedia Engineering, [online]. 2014, vol. 97, str. 205-211. [cit. dne 16.1.2018]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705814033025>
- [3] ZAIN, Azlan Mohd; HARON, Habibollah; SHARIF, Safian. *Prediction of surface roughness in the end milling machining using Artificial Neural Network*. Expert Systems with Applications, [online]. 2010, vol. 37, no. 2: str. 1755-1768. [cit. dne 16.1.2018]. ISSN 1755-1768. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417409006903>
- [4] LU, Chen. *Study on prediction of surface quality in machining process*. Journal of materials processing technology, [online]. 2008, vol. 205, no.1-3: str. 439-450. [cit. dne 16.1.2018]. ISSN 0924-0136. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013607013271>
- [5] AGARWAL, Sanjay; RAO, P. Venkateswara. *Modeling and prediction of surface roughness in ceramic grinding*. International Journal of Machine Tools and Manufacture, [online]. 2010, vol. 50, no. 12: str. 1065-1076. [cit. dne 16.1.2018]. ISSN 0890-6955. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0890695510001495>
- [6] SHARKAWY, Abdel Badie. *Prediction of surface roughness in end milling process using intelligent systems: a comparative study*. Applied Computational Intelligence and Soft Computing, [online]. 2011, vol. 2011, no. 8. [cit. dne 16.1.2018]. Dostupné z: <https://www.hindawi.com/journals/acisc/2011/183764/>
- [7] KARAYEL, Durmus. *Prediction and control of surface roughness in CNC lathe using artificial neural network*. Journal of materials processing technology, [online] 2009, vol. 209, no. 7: str. 3125-3137. [cit. dne 16.1.2018]. ISSN 0924-0136 Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2008.07.023>

- [8] ÇOLAK, Oğuz; KURBANOĞLU, Cahit; KAYACAN, M. Cengiz. *Milling surface roughness prediction using evolutionary programming methods*. Materials & design, [online] 2007, vol. 28, no. 2: str.657-666. [cit. dne 16.1.2018]. ISSN 0261-3069. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2005.07.004>
- [9] SINGH, Dilbag; RAO, P. Venkateswara. *A surface roughness prediction model for hard turning process*. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, [online] 2007, vol. 32, no. 11-12: str. 1115-1124. [cit. dne 17.1.2018]. ISSN 0268-3768. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00170-006-0429-2>
- [10] EL-MOUNAYRI, Hazim; DUGLA, Zakir; DENG, Haiyan. *Prediction of surface roughness in end milling using swarm intelligence*. Swarm Intelligence Symposium, [online] 2003. vol. SIS'03 str. 220-227. [cit. dne 17.1.2018]. ISSN 0957-4174. Dostupné z: DOI: [10.1109/SIS.2003.1202272](https://doi.org/10.1109/SIS.2003.1202272)
- [11] ASILTÜRK, İlhan; ÇUNKAŞ, Mehmet. *Modeling and prediction of surface roughness in turning operations using artificial neural network and multiple regression method*. Expert Systems with Applications, [online] 2011. vol. 38, no. 5: str. 5826-5832. ISSN: 0957-4174. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2010.11.041>
- [12] EZAZSHAHABI, Nazanin, TEHRAN, Mohammad Amani, LATIFI, Masoud, MANDANIPOUR, Khosro. *Modelling of surface roughness based on geometrical parameters of woven fabrics*. Indian Journal of Fibre and Textile Research, [online] 2017, vol. 42, str. 43-50. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/318673209_Modelling_of_surface_roughness_based_on_geometrical_parameters_of_woven_fabrics
- [13] BUMBÁLEK, Bohumil, ODVODY a Bohuslav OŠTÁDAL. *Drsnost povrchu*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989.
- [14] ČSN EN ISO 4287 (01 4450) *Geometrické požadavky na výrobky (GPS) - Struktura povrchu: Profilová metoda – Termíny, definice a parametry struktury povrchu*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [15] Odborné vzdělávání moderní technikou. *Drsnost povrchu* [online]. 2002. [cit. dne 7.3.2018]. Dostupné z: <http://files.ovmt.webnode.cz/200000030-3094f328a0/Drsnost%20povrchu.pdf>

- [16] TICHÁ Š., Strojírenská metrologie část 1, Vysoká škola báňská–Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 2004
- [17] BLEŠA, Martin. *Komplexní hodnocení povrchové struktury textilií: The complex evaluation of surface structure in textiles*. [online] Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2009. [cit. dne 15.1.2018]. Dostupné z: <http://www.ft.tul.cz/document/604>
- [18] SELIGOVÁ, Martina. *Porovnání metod měření drsnosti textilií: The comparison of methods for textile roughness measuring*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004.
- [19] HORNYCH, Jan. *Hodnocení drsnosti povrchu textilií s využitím metody gradientních polí: Evaluation of textile surface roughness using gradient fields method*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015.
- [20] MOONEGH, Sara Asghari, SAHARKHIZ, Siamak, VARKIANI, Mohammad Hosseini. *Surface Roughness Evaluation of Textile Fabric: A Literature Review*. [online]. Journal of Engineered Fibers and Fabrics. Volume 9, Issue 2-2014. [cit. dne 15.1.2018]. Dostupné z: <https://www.jeffjournal.org/papers/Volume9/V9I2-1%20S.%20Mooneghi.pdf>
- [21] HES, Luboš a Petr SLUKA. *Úvod do komfortu textilií*. Liberec: Technická univerzita, 2005. ISBN 80-7083-926-0.
- [22] *Laboratoř KES*. Fakulta textilní, Technická univerzita v Liberci. [cit. dne 15.1.2018]. Dostupné z: <http://www.ft.tul.cz/katedry/katedra-odevnictvi-laboratore/laborator-kes?preview=1>
- [23] *Laboratoř fyziologického komfortu a speciálních měření*. Fakulta textilní, Technická univerzita v Liberci. [cit. dne 15.1.2018]. Dostupné z: <http://www.ft.tul.cz/katedry/katedra-odevnictvi-laboratore/laborator-fyziologickeho-komfortu-a-specialnich-mereni?preview=1>
- [24] ŠPRYNC, Eduard a Jan FOLTÝN. *Textilní materiály pro 1. až 3. ročník SOU*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1988.
- [25] HAVLOVÁ, Marie a Hana PAŘILOVÁ. *Typologie pletenin: názvoslovný katalog*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013. ISBN 978-80-7372-940-0.

- [26] BOHANESOVÁ, Bohuslava a kol. *Oděvní materiály*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1988.
- [27] PAŘILOVÁ, Hana. *Typologie tkanin - textilní zbožíznalství*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2011. ISBN 978-80-7372-674-4.
- [28] *Technologie tkaní. Princip výroby tkanin*. Škola textilu. [cit. dne 20.4.2018]. Dostupné z: <http://www.skolatextilu.cz/elearning/412/zaklady-textilnich-technologie/technologie-tkani/Princip-vyroby-tkaniny.html>
- [29] MICHALOVÁ, Adriána. *Vliv úprav a konstrukce tkaniny na hodnocení omaku: Influence adjustments and design fabric on hand evaluation* [CD-ROM]. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013.
- [30] Taylor Hobson Centre of Excellence Leicester - UK. *Manuál k přístroji Talysurf :The Parameter Tree of Surface Roughness*. 2003. UK : [s.n.], 2003. 351 s.

Seznam obrázků

Obr. 1 Profily řezu výrobkem [13]	17
Obr. 2 Základní čára profilu [13]	18
Obr. 3 Střední čára profilu [13]	19
Obr. 4 Střední aritmetická čára profilu, plochy pod křivkou [13]	20
Obr. 5 Odchylka profilu [13]	21
Obr. 6 Místní nerovnosti profilu [13]	21
Obr. 7 Nerovnosti profilu. [13]	22
Obr. 8 Výstupky profilu. [13]	22
Obr. 9 Prohlubně profilu. [13]	22
Obr. 10 Největší výška výstupku profilu drsnosti. [14]	23
Obr. 11 Největší hloubka prohlubně profilu drsnosti. [14]	24
Obr. 12 Největší výška profilu drsnosti. [14]	24
Obr. 13 Výška prvků profilu. [14]	25
Obr. 14 Průměrný kvadratický sklon posuzovaného profilu $P\Delta q$, $R\Delta q$, $W\Delta q$. [14] ..	28
Obr. 15 Materiálový poměr profilu (nosný podíl) $Pmr(c)$, $Rmr(c)$, $Wmr(c)$. [16]	29
Obr. 16 Oddělování úrovní částí profilu. [14]	30
Obr. 17 Systém KES pro měření omaku tkanin [22]	35
Obr. 18 Tloušťkoměr [23]	36
Obr. 19 Přístroj Talysurf CLI 500	38
Obr. 20 Lícni (a) a rubní (b) očko. [25]	40
Obr. 21 Znázornění plátnové vazby (a), vzornice plátnové vazby (b).	44
Obr. 22 Třívazný útkový kepr.	45
Obr. 23 Pětivazný útkový atlas.	45
Obr. 24 Schéma tkacího stroje. [28]	49
Obr. 25 Graf setříděných hodnot výběrového mediánu subjektivního hodnocení drsnosti.	60
Obr. 26 Profil povrchu se znázorněním os. [14]	61
Obr. 27 Operační okno přístroje Talysurf CLI 500 po doběhnutí měření. [30]	62
Obr. 28 Operační okno přístroje Talysurf CLI 500 v průběhu měření.	63
Obr. 29 Nasnímaný obraz (a) a obraz po vyplnění nenaměřených míst.	64
Obr. 30 Obraz po srovnání nakloněné roviny.	64
Obr. 31 Pracovní okno pro oddělení drsnosti a vlnitosti snímaného vzorku.	65

<i>Obr. 32 2D profily snímaného obrazu, a) základní profil, b) profil vlnitosti, c)profil drsnosti.....</i>	<i>66</i>
<i>Obr. 33 Obrazové porovnání drsnosti a vlnitosti skupin A, B a C.</i>	<i>67</i>
<i>Obr. 34 Graf průměrných hodnot charakteristik drsnosti ve skupině A.....</i>	<i>69</i>
<i>Obr. 35 Graf průměrných hodnot charakteristik drsnosti ve skupině B.....</i>	<i>71</i>
<i>Obr. 36 Graf průměrných hodnot charakteristik drsnosti ve skupině C.</i>	<i>73</i>
<i>Obr. 37 Q-Q graf pro průměrnou aritmetickou odchylku profilů.</i>	<i>75</i>
<i>Obr. 38 Histogram průměrných aritmetických odchylek profilu.....</i>	<i>76</i>
<i>Obr. 39 Znázornění vztahu mezi výběrovým mediánem a součinem $R_c \cdot R_t$.</i>	<i>79</i>
<i>Obr. 40 Graf závislosti mezi výběrovým mediánem a celkovou výškou profilu pletenin.</i>	<i>80</i>
<i>Obr. 41 Graf závislosti subjektivního hodnocení a celkové výšky profilu pro jednotlivé sady pletenin.</i>	<i>81</i>

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1 Přehled výrobcem stanovených vlastností vzorků</i>	<i>51</i>
<i>Tabulka 2 Přehled zjištěných vlastností vzorků</i>	<i>52</i>
<i>Tabulka 3 Popis tkaných vzorků použitých při experimentálním hodnocení. [29]</i>	<i>53</i>
<i>Tabulka 4 Ordinální škála pro drsnost.</i>	<i>54</i>
<i>Tabulka 5 Výběrové četnosti v kategoriích pro jednotlivé vzorky.</i>	<i>55</i>
<i>Tabulka 6 Výsledné charakteristiky subjektivního hodnocení.</i>	<i>58</i>
<i>Tabulka 7 Rozdělení do skupin podle velikosti gaussian filtru.</i>	<i>67</i>
<i>Tabulka 8 Průměrné hodnoty charakteristik drsnosti pro skupinu A.</i>	<i>68</i>
<i>Tabulka 9 Průměrné hodnoty charakteristik drsnosti pro skupinu B.</i>	<i>70</i>
<i>Tabulka 10 Průměrné hodnoty charakteristik drsnosti pro skupinu C.</i>	<i>72</i>
<i>Tabulka 11 Hodnoty testových statistik T pro jednotlivé charakteristiky.</i>	<i>74</i>
<i>Tabulka 12 Třídní rozdělení dat Ra pro histogram.</i>	<i>76</i>
<i>Tabulka 13 Hodnoty korelačních koeficientů a testových statistik pro závislosti mezi subjektivním hodnocením a vztahy objektivně naměřených charakteristik.</i>	<i>78</i>
<i>Tabulka 14 Korelační koeficienty a testové statistiky pro oddělené soubory.</i>	<i>79</i>

Seznam Příloh

Příloha 1- Záznamový arch pro subjektivní hodnocení

Příloha 2 – Hodnoty subjektivního hodnocení drsnosti u tkanin

Příloha 3 – Hodnoty subjektivního hodnocení drsnosti u pletenin

Příloha 1- Záznamový arch pro subjektivní hodnocení

Hodnotitel:										
Pleteniny			Hodnocení		Tkaniny			Hodnocení		
Název			Drsnost		Název			Drsnost		
1					1					
2					2					
4					3					
5					4					
7					5					
8					6					
10					7					
11					8					
13					9					
14					10					
16					11					
17					12					
19					13					
20					14					
					15					
					16					
					17					
					18					
					19					
					20					
ŠKÁLA PRO DRSNOST										
1		2		3		4		5		
drsny		podprůměrný		průměrný		nadprůměrný		hladký		
ŠKÁLA PRO OMAK										
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Velmi nepříjemný	Nepříjemný	Velmi podprůměrný	Podprůměrný	Mírně podprůměrný	Průměrný	Mírně nadprůměrný	Nadprůměrný	Velmi nadprůměrný	Příjemný	Velmi příjemný

Příloha 2 – Hodnoty subjektivního hodnocení drsnosti u tkanin

	UNI HF					UNI NOFLAM					UNI					Režná				
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	T18	T19	T20
H1	5	3	4	4	5	3	3	3	3	3	4	4	4	3	3	1	2	2	1	1
H2	5	5	4	4	3	2	2	2	2	2	5	3	3	3	2	1	1	1	1	1
H3	5	4	5	4	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1
H4	5	4	3	2	3	3	5	3	2	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1
H5	4	5	4	5	5	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	1	1	2	1	1
H6	4	5	4	4	4	3	5	4	3	4	4	5	4	5	5	1	2	2	1	1
H7	5	5	5	5	4	5	5	4	3	4	4	5	4	4	4	2	3	3	3	1
H8	5	5	5	4	5	4	4	3	2	2	4	4	3	4	4	2	2	1	2	1
H9	5	5	4	5	4	3	3	3	1	2	5	4	3	5	3	1	1	2	1	1
H10	4	3	5	3	2	3	3	4	3	2	3	3	3	2	3	1	2	2	2	1
H11	4	4	5	3	3	3	3	5	2	2	3	3	2	3	3	1	2	1	1	1
H12	5	5	4	5	4	4	4	5	4	5	4	5	5	4	4	1	1	2	1	1
H13	4	5	4	5	5	4	4	3	4	3	3	5	5	3	3	1	1	2	2	1
H14	4	4	4	4	5	4	3	4	3	2	5	5	2	3	3	1	1	1	1	1
H15	4	4	3	4	5	4	4	3	3	2	5	4	4	3	5	1	1	1	1	1
H16	4	5	5	5	5	4	4	4	3	5	5	5	4	5	5	1	1	1	2	1
H17	4	5	4	5	4	5	3	3	3	4	5	5	3	4	4	1	1	1	1	1
H18	4	4	3	4	4	3	3	4	3	4	3	3	3	4	3	1	2	2	2	1
H19	4	5	4	4	4	5	2	2	3	4	5	5	3	4	4	1	1	1	1	1
H20	4	5	4	4	4	5	2	2	3	4	5	5	3	4	5	1	1	1	1	1
H21	4	4	5	4	5	3	3	3	3	2	4	3	3	3	3	1	2	2	1	1
H22	4	5	5	5	5	4	4	3	4	3	5	4	4	4	5	2	2	1	1	2
H23	5	5	5	5	4	5	4	4	4	3	5	4	4	5	4	1	2	1	2	1
H24	4	5	4	3	3	4	4	3	3	3	5	5	5	4	4	2	3	1	2	1
H25	5	4	5	5	3	4	4	4	2	3	5	5	3	4	4	1	1	1	2	1
H26	5	4	5	4	3	3	4	4	3	3	5	4	4	4	4	1	3	3	2	1
H27	4	4	4	5	5	4	4	4	3	4	3	3	3	4	4	2	1	2	2	1
H28	4	5	4	5	4	3	4	4	3	3	5	4	3	4	4	1	1	2	1	1
H29	5	5	4	5	3	4	3	4	3	3	5	4	3	3	3	2	1	1	2	1
H30	4	5	4	5	4	4	4	3	3	3	4	4	3	3	3	1	1	1	1	1

Příloha 3 – Hodnoty subjektivního hodnocení drsnosti u pletenin

	P1	P2	P4	P5	P7	P8	P10	P11	P13	P14	P16	P17	P19	P20
H1	5	5	5	3	4	5	4	5	4	5	3	3	5	5
H2	3	5	3	2	3	4	4	5	3	5	1	2	3	4
H3	4	5	2	3	3	5	4	1	2	5	1	1	1	4
H4	3	4	3	2	2	4	3	5	1	5	1	2	5	3
H5	4	5	4	3	4	4	4	5	3	4	1	2	3	4
H6	3	5	3	3	2	5	4	5	3	5	1	1	3	4
H7	3	5	5	3	4	5	4	4	2	4	1	3	5	5
H8	3	5	4	4	4	5	4	5	2	4	2	2	4	5
H9	4	5	5	4	4	5	4	5	4	5	2	3	4	5
H10	3	4	4	3	3	4	3	4	3	4	2	2	3	4
H11	3	4	4	5	5	5	4	4	3	4	2	2	3	5
H12	4	5	4	3	3	5	2	3	3	4	1	2	3	5
H13	4	5	4	2	2	5	2	5	3	5	1	2	2	5
H14	4	5	5	2	2	4	2	5	4	4	1	2	3	5
H15	4	5	3	1	4	4	2	5	3	5	2	3	2	5
H16	4	5	4	4	2	5	3	5	3	5	1	2	5	5
H17	5	5	4	2	2	5	3	4	3	4	1	2	3	4
H18	4	4	5	4	3	5	3	5	2	5	1	2	4	5
H19	5	5	4	3	2	5	2	4	3	4	1	2	3	4
H20	5	5	4	2	2	5	3	4	3	4	1	2	3	4
H21	4	5	4	5	3	4	2	5	3	5	1	1	4	4
H22	5	5	4	4	5	5	4	5	3	5	2	3	5	5
H23	4	5	4	3	3	5	2	5	2	5	1	2	5	5
H24	3	5	5	3	4	5	4	5	3	5	1	2	3	5
H25	5	5	5	5	4	5	4	5	3	5	2	3	3	5
H26	4	4	4	2	4	5	3	4	3	4	2	2	4	5
H27	4	5	5	5	4	5	3	4	3	4	1	2	4	5
H28	4	5	4	4	3	5	3	4	3	4	1	2	4	5
H29	5	5	4	5	4	5	3	5	4	5	2	3	4	5
H30	4	5	4	5	4	5	3	4	3	4	1	2	3	4